



---

TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA  
BASEMENT MIDTOWN POINT AND IBIS STYLES  
HOTEL JAKARTA**

DZAKY ALPIN KURNIAWAN  
NRP. 3113100079

Dosen Pembimbing I  
Musta'in Arif, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II  
Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



---

FINAL PROJECT – RC14-1501

**DESIGN OF RETAINING WALL ON MIDTOWN  
POINT AND IBIS STYLES HOTEL'S BASEMENT  
JAKARTA**

DZAKY ALPIN KURNIAWAN  
NRP. 3113100079

Academic Supervisor I  
Musta'in Arif, S.T., M.T.

Academic Supervisor II  
Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

Department of Civil Engineering  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH  
PADA BASEMENT MIDTOWN POINT AND IBIS  
STYLES HOTEL JAKARTA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DZAKY ALPIN KURNIAWAN**

Nrp. 3113 100 079

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Musta'in Arif, S.T., M.T.

2. Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

**SURABAYA**

**JUNI, 2017**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA  
BASEMENT MIDTOWN POINT AND IBIS STYLES  
HOTEL JAKARTA**

**Nama Mahasiswa** : Dzaky Alpin Kurniawan  
**NRP** : 3113100079  
**Jurusan** : Teknik Sipil  
**Dosen Pembimbing** : 1. Musta'in Arif, S.T., M.T.  
2. Putu Tantri Kumala Sari,  
S.T., M.T.

**ABSTRAK**

*DKI Jakarta merupakan kota metropolitan terbesar di Asia Tenggara. Jakarta merupakan kota dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat, terutama pada sektor perdagangan, jasa, properti, dan keuangan. Oleh karenanya dibutuhkan banyak kawasan perkantoran sebagai pusat perputaran uang di Jakarta. Midtown Point and Ibis Styles Hotel merupakan sebuah komplek perkantoran dan hotel seluas 3000 m<sup>2</sup> yang direncanakan dibangun di Tanah Abang, Jakarta Pusat. Dari hasil penyelidikan tanah, didapatkan hasil bahwa jenis tanah didominasi oleh lempung berkonsistensi very soft hingga kedalaman -30 m serta muka air tanah yang cukup tinggi, yaitu pada kedalaman -4,20 m. Oleh karena itu diperlukan struktur Dinding Penahan Tanah untuk menjaga kestabilan struktur basement dan mencegah keruntuhan tanah disekelilingnya.*

*Penulis melakukan Tugas Akhir ini untuk merencanakan Dinding Penahan Tanah yang paling stabil, efektif dan ekonomis. Diaphragm Wall, Secant Pile, dan Tangent Pile merupakan tiga jenis Dinding Penahan Tanah yang penulis bandingkan guna mendapat hasil rancangan yang optimal. Metode perencanaannya adalah merencanakan kedalaman Dinding Penahan Tanah terlebih dahulu, kemudian dilakukan perencanaan mendetail untuk ketiga jenis Dinding Penahan Tanah tersebut, hingga akhirnya dilakukan perbandingan terhadap berbagai parameter untuk*

*memilih suatu jenis Dinding Penahan Tanah yang akan digunakan sebagai perencanaan Dinding Penahan Tanah pada Basement Midtown Point and Ibis Styles Hotel.*

*Hasil yang diperoleh setelah melakukan Tugas Akhir ini adalah dipilihnya Dinding Penahan Tanah jenis Diaphragm Wall sebagai perencanaan, dengan panjang sedalam 38 m dan tebal 0,6 m. Dari analisa stabilitas didapatkan hasil nilai defleksi maksimum sebesar 20,87 mm. Sedangkan biaya yang dibutuhkan untuk membuat Diaphragm Wall adalah sebesar Rp. 11.060.579.209,-.*

***Kata kunci: Dinding Penahan Tanah, Basement, Midtown Point and Ibis Styles Hotel, Jakarta***



## **DESIGN OF RETAINING WALL ON MIDTOWN POINT AND IBIS STYLES HOTEL'S BASEMENT JAKARTA**

**Name** : Dzaky Alpin Kurniawan  
**NRP** : 3113100079  
**Departement** : Civil Engineering  
**Academic Supervisor** : 1. Musta'in Arif, S.T., M.T.  
2. Putu Tantri Kumala Sari,  
S.T., M.T.

### **ABSTRACT**

*DKI Jakarta is the largest metropolitan city in Southeast Asia. Jakarta is a city with a fairly rapid rate of economic growth, especially in the trade, services, property and finance sectors. Therefore, it takes a lot of office area as the center of velocity of money in Jakarta. Midtown Point and Ibis Styles Hotel is an 3000 m<sup>2</sup> office and hotel district planned to be built in Tanah Abang, Central Jakarta. From the result of soil investigation, it indicates that the most dominant type of the soil is clay with very soft consistency up to -30 m depth, and water level at -4.2 m depth. Hence, the structure of the retaining wall is required to maintain the stability of the basement structure and prevent the collapse of surrounding soil.*

*The authors undertake this Final Project to design the most stable, effective and economical Retaining Wall. Diaphragm Wall, Secant Pile, and Tangent Pile are three types of Retaining Wall that the authors compare in order to obtain an optimal design results. The design method is to calculate the depth of the retaining wall first, then do a detailed planning for the three types of retaining wall, and finally do a comparison to several parameters to select a type of retaining wall that will be used as the design of retaining wall in Midtown Point and Ibis Styles Hotel's Basement.*

*The results obtained after doing the Final Project is the selection of Diaphragm Wall as a design for the Retaining Wall, with a 38 m depth and 0.6 m thick. From the stability analysis, it is*

*obtained a result of 20.87 mm maximum deflection. While the cost required to make Diaphragm Wall is IDR. 11,060,579,209, -.*

***Keyword: Retaining Wall, Basement, Midtown Point and Ibis Styles Hotel, Jakarta***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkah dan anugrah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Dalam penyelesaiannya sudah tentu penulis banyak mendapatkan kesulitan-kesulitan, namun atas bantuan beberapa pihak, tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih sebesar – besarnya kepada :

1. Papah, Mamah, Kaka dan seluruh keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan serta doa terhadap penulis.
2. Karina Novita Sari Setiawan, atas doa, dukungan dan perhatiannya selama penulis menyusun Tugas Akhir ini.
3. Bapak Musta'in Arif, S.T., M.T. dan Ibu Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bantuan, saran dan kritik selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Prof. Ir. Indra Surya B. Mochtar, MSc. Ph.D Prof. Ir. Noor Endah, MSc. Ph.D, Prof. Herman Wahyudi, Dr.Ir.Ria Asih Aryani Soemitro M.Eng, Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT, Ir.Suwarno, M.Eng, dan seluruh dosen geoteknik Jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan membukakan wawasan pengetahuan tentang geoteknik.
5. Wisper 149, sahabat-sahabat terbaik penulis yang selalu memberikan dukungan, keceriaan, kegelisahan selama 4 tahun tinggal dalam satu atap.
6. Teman-teman angkatan CEITS 2013, S-56, yang telah memberikan bantuan dan motivasi selama proses penyusunan tugas akhir ini.
7. Rekan – rekan kepengurusan CECC dan HMS serta segenap karyawan Jurusan Teknik Sipil ITS yang secara tidak langsung telah banyak membantu dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

8. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan bantuan secara ikhlas.

Penulis sadari bahwa tugas akhir yang telah dibuat ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran sangat dibutuhkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir yang telah dibuat ini dapat bermanfaat bagi para peminat Teknik Sipil.

Akhir kata, penulis sebagai penyusun memohon maaf jika ada kesalahan dalam penulisan dan penganalisaan tugas akhir ini. Atas perhatian pembaca, penulis sampaikan terimakasih.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat.....	4
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Koreksi Nilai N-SPT .....	5
2.1.1. Koreksi terhadap muka air tanah.....	5
2.1.2. Koreksi terhadap <i>overburden pressure</i> tanah.....	5
2.2. Korelasi Data Tanah.....	6
2.3. Stabilitas Dinding Penahan Tanah.....	8

2.3.1. Tekanan lateral tanah.....	10
2.3.2. Kontrol <i>heave</i> ( <i>hidrodynamic</i> ) .....	16
2.3.3. Kontrol <i>uplift</i> .....	17
2.4. <i>Diaphragm Wall</i> .....	18
2.5. <i>Secant Piles</i> .....	23
2.6. <i>Tangent Piles</i> .....	26
BAB III .....	29
METODOLOGI .....	29
BAB IV .....	35
PEMBAHASAN .....	35
4.1. Analisa Data Tanah .....	35
4.1.1. Koreksi Nilai N-SPT .....	39
4.1.2. Korelasi Data Tanah .....	40
4.2. Perencanaan Panjang Dinding .....	46
4.2.1. Perhitungan $K_a$ dan $K_p$ .....	46
4.2.2. Perhitungan Tegangan Horizontal ( $\sigma_h$ ) .....	47
4.2.3. Perhitungan Gaya Horizontal ( $P$ ) .....	51
4.2.4. Analisa Kesetimbangan Gaya .....	52
4.2.5. Kedalaman Dinding Penahan Tanah .....	54
4.2.6. Kontrol <i>Heaving</i> / <i>Hidrodynamic</i> .....	55
4.3. Perencanaan Dinding Penahan Tanah .....	55
4.3.1. Perencanaan <i>Diaphragm Wall</i> .....	55
4.3.2. Perencanaan <i>Secant Pile</i> .....	77
4.3.3. Perencanaan <i>Tangent Pile</i> .....	95

4.4. Keputusan Akhir Perencanaan .....	107
BAB V .....	109
KESIMPULAN DAN SARAN .....	109
5.1. Kesimpulan.....	109
5.2. Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA.....	111
LAMPIRAN .....	113
BIODATA PENULIS.....	141

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Kondisi Sekitar Lokasi Proyek .....	2
Gambar 1. 2. Potongan Melintang Basement.....	2
Gambar 2. 1. Keruntuhan Akibat push in.....	8
Gambar 2. 2. Analisa push in dengan Metode Gross Pressure : (a) distribusi Gross Earth Pressure dan (b) kesetimbangan gaya dinding penahan tanah sebagai free body.....	10
Gambar 2. 3. Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding. (Sumber : Weber,2010) .....	11
Gambar 2. 4. Grafik arah perpindahan dinding terhadap tekanan yang bekerja .....	12
Gambar 2. 5. Distribusi Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam (at rest) Pada Tembok.....	16
Gambar 2. 6 Hidrodynamic Pada Galian Tanah.....	17
Gambar 2. 7. Diaphragm Wall .....	19
Gambar 2. 8. Perencanaan Penulangan pada Diaphragm Wall {sumber : Chang-Yu Ou, 2006} .....	20
Gambar 2. 9. Tegangan pada Kondisi Ultimate di Beton Bertulang {sumber : Chang-Yu Ou, 2006}.....	21
Gambar 2. 10. Secant Pile .....	23
Gambar 2. 11. Tangent Pile.....	26
Gambar 3. 1. Bagan Alir Tugas Akhir.....	29
Gambar 3. 1. Bagan Alir Tugas Akhir (lanj.).....	30
Gambar 4. 1. Lokasi Proyek.....	36
Gambar 4. 2. Grafik Nilai N-SPT vs Kedalaman .....	39
Gambar 4. 3. Sketsa Perhitungan Tegangan Horizontal.....	47
Gambar 4. 4. Diagram Tegangan Horizontal .....	51
Gambar 4. 5. Geometri Input Pada Program Plaxis V.8.2 .....	60
Gambar 4. 6. Generate Mesh.....	61
Gambar 4. 7. Initial Condition.....	61
Gambar 4. 8. Generate Water Pressure .....	62
Gambar 4. 9. Initial Stress Generation .....	62

Gambar 4. 10. Langkah – Langkah Kalkulasi Pada Program Plaxis V.8.2 .....	64
Gambar 4. 11. Total Displacement Diaphragm Wall .....	65
Gambar 4. 12. Defleksi Maksimum Diaphragm Wall.....	65
Gambar 4. 13. Momen Maksimum Diaphragm Wall.....	67
Gambar 4. 14. Geser Maksimum Diaphragm Wall.....	69
Gambar 4. 15. Bagan Alir Metode Pelaksanaan Konstruksi Diaphragm Wall .....	71
Gambar 4. 16. Pembuatan Guide Wall.....	72
Gambar 4. 17. Proses Galian .....	72
Gambar 4. 18. Alat Galian Vertical Grabber.....	73
Gambar 4. 19. Pemasangan Stop Ends Karet.....	73
Gambar 4. 20. Pemasangan Tulangan .....	74
Gambar 4. 21. Pengecoran Beton.....	74
Gambar 4. 22. Metode Dewatering Cut Off.....	75
Gambar 4. 23. Layout Rute Akomodasi Menuju Lokasi Proyek	76
Gambar 4. 24. Total Displacement Secant Pile .....	80
Gambar 4. 25. Nilai Defleksi Maksimum Secant Pile.....	80
Gambar 4. 26. Mmax dan Pmax dari Secant Pile.....	81
Gambar 4. 27. General Information .....	82
Gambar 4. 28. Material Properties .....	83
Gambar 4. 29. Input Penampang .....	83
Gambar 4. 30. Kriteria Tulangan.....	83
Gambar 4. 31. Kriteria Desain.....	84
Gambar 4. 32. Input Beban .....	84
Gambar 4. 33. Penampang Primary Pile Beserta Tulangannya...	85
Gambar 4. 34. Detail Hasil Perhitungan SPColumn .....	85
Gambar 4. 35. Bagan Alir Metode Pelaksanaan Secant Pile.....	88
Gambar 4. 36. Guide Wall Secant Pile.....	89
Gambar 4. 37. Pengeboran Pile .....	90
Gambar 4. 38. Pembuatan Secondary Pile .....	90
Gambar 4. 39. Tulangan Difabrikasi In Situ .....	91
Gambar 4. 40. Pembuatan Primary Pile .....	91

Gambar 4. 41. Secant Pile Selesai Dibuat .....	92
Gambar 4. 42. Metode Dewatering Cut Off .....	93
Gambar 4. 43 Layout Rute Akomodasi Menuju Lokasi Proyek ..	94
Gambar 4. 44. Total Displacement Tangent Pile .....	98
Gambar 4. 45. Nilai Defleksi Maksimum Tangent Pile .....	98
Gambar 4. 46. Mmax dan Pmax dari Program Bantu Plaxis V.8.2 .....	99
Gambar 4. 47. Penampang Tangent Pile Beserta Tulangannya	100
Gambar 4. 48. Detail Hasil Perhitungan Penulangan Tangent Pile .....	100
Gambar 4. 49. Bagan Alir Metode Pelaksanaan Tangent Pile ..	102
Gambar 4. 50. Guide Wall Tangent Pile .....	103
Gambar 4. 51. Tulangan Difabrikasi In Situ .....	104
Gambar 4. 52. Pemasangan Tulangan Tangent Pile.....	104
Gambar 4. 53. Potongan Metode Dewatering Predrainage .....	105
Gambar 4. 54. Tampak Atas Metode Dewatering Predrainage.	105
Gambar 4. 55. Layout Rute Akomodasi Menuju Lokasi Proyek .....	106

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Nilai Cu (Mochtar, 2012).....	6
Tabel 2. 2. Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Nilai $\emptyset$ (Look, 2007).....	7
Tabel 2. 3. Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Nilai $\gamma$ dan $q_u$ (J.E. Bowles, 1984).....	7
Tabel 2. 4. Korelasi Tipe Tanah dengan Modulus Elastisitas dan Poisson's Ratio (Braja M Das).....	8
Tabel 2. 5. Hubungan jenis tanah, tinggi dinding dan perpindahan dinding untuk tekanan tanah aktif. (Gouw,2009).....	11
Tabel 2. 6. Hubungan Jenis Tanah, Tinggi Dinding dan Perpindahan Dinding untuk Tekanan Tanah Pasif. (Gouw,2009).....	12
Tabel 4. 1. Rangkuman Data Tanah.....	36
Tabel 4. 2. Kesimpulan Data Tanah .....	40
Tabel 4. 3. Korelasi Antara Nilai N-SPT dengan $\gamma_{sat}$ .....	41
Tabel 4. 4. Korelasi Antara $\gamma_{sat}$ dan $\gamma_{dry}$ .....	41
Tabel 4. 5. Korelasi untuk Normally Consolidated Clay Layers (sumber : Mochtar, 2012).....	42
Tabel 4. 6. Korelasi antara nilai $C'$ dengan $\phi$ .....	43
Tabel 4. 7. Modulus Elastisitas Berdasarkan Tipe Tanah .....	44
Tabel 4. 8. Kesimpulan Data Parameter Tanah .....	45
Tabel 4. 9. Rekapitulasi Perhitungan $K_a$ dan $K_p$ .....	47
Tabel 4. 10. Rekapitulasi Perhitungan $\sigma_h$ Akibat Beban Tanah... ..	49
Tabel 4. 11. Perhitungan $\sigma_h$ Akibat Beban Air .....	50
Tabel 4. 12. Hasil Perhitungan Tegangan Horizontal Total.....	51
Tabel 4. 13. Hasil Perhitungan Gaya Horizontal.....	52
Tabel 4. 14. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen.....	54
Tabel 4. 15. Anggaran Biaya Diaphragm Wall .....	77
Tabel 4. 16. Anggaran Biaya Secant Pile .....	95

Tabel 4. 17. Anggaran Biaya Tangent Pile.....	107
Tabel 4. 18. Perbandingan Tiap Jenis Dinding Penahan Tanah	108

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

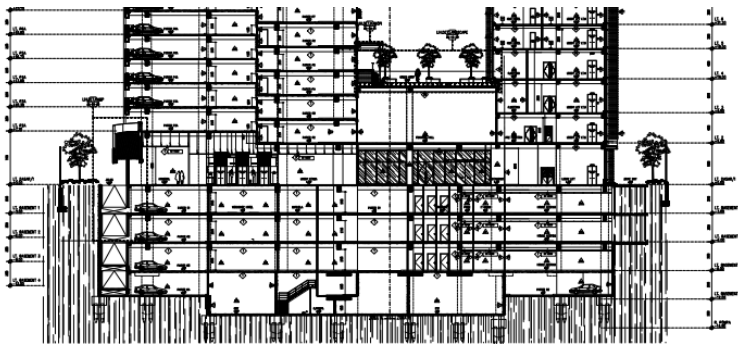
Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta merupakan kota metropolitan terbesar di Asia Tenggara. Jakarta memiliki luas sekitar 661,52 km<sup>2</sup> (lautan: 6.977,5 km<sup>2</sup>), dengan penduduk berjumlah 10.187.595 jiwa pada tahun 2011 (sumber : BPS Prov. DKI Jakarta). Jakarta merupakan kota dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat. Saat ini, lebih dari 70% uang negara beredar di Jakarta. Pada tahun 2012, pendapatan per kapita masyarakat Jakarta sebesar Rp 110,46 juta per tahun (USD 12,270), sedangkan untuk kalangan menengah atas dengan penghasilan Rp 240,62 juta per tahun (USD 26,735). Disini juga bermukim lebih dari separuh orang-orang kaya di Indonesia dengan penghasilan minimal USD 100,000 per tahun. Perekonomian Jakarta terutama ditunjang oleh sektor perdagangan, jasa, properti, industri kreatif, dan keuangan. Beberapa sentra perdagangan di Jakarta yang menjadi tempat perputaran uang cukup besar adalah kawasan Tanah Abang dan Glodok. Oleh karena itu keberadaan daerah perkantoran sebagai pusat perputaran uang sangat dibutuhkan dikawasan tersebut.

Midtown Point and Ibis Styles Hotel merupakan sebuah komplek perkantoran dan hotel yang direncanakan dibangun di Jl.H.Fachrudin, Tanah Abang, Jakarta Pusat. Midtown Point and Ibis Styles Hotel ini direncanakan memiliki tinggi 22 lantai untuk perkantoran dan 17 lantai untuk hotel. Kondisi sekitar lokasi proyek Midtown Point and Ibis Styles Hotel merupakan kawasan padat bangunan dan sebelumnya sudah terdapat beberapa bangunan yaitu Gedung Sinar Mas, *Batching Plant* AdhiMix, Lahan Parkir, dan Jalan Raya H.Fachrudin, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.1. Kondisi lahan yang terbatas, serta kebutuhan lahan parkir yang cukup banyak menyebabkan Midtown Point and Ibis Styles Hotel direncanakan memiliki *basement* 4

lantai (elevasi -12.0 m) dengan luas area mencapai 3000 m<sup>2</sup>. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.2.



**Gambar 1. 1.** Kondisi Sekitar Lokasi Proyek



**Gambar 1. 2.** Potongan Melintang Basement



Ditinjau dari aspek geoteknik, fenomena penurunan tanah yang terjadi di kota Jakarta merupakan hal yang normal terjadi sebagai kawasan delta. Penurunan tanah di kota Jakarta menurut Dinas Industri dan Energi DKI Jakarta sejak tahun 2002 – 2010 terdapat 60 titik penurunan yang bervariasi besarnya di kota Jakarta yang berkisar 15 – 120 cm. Dari hasil penyelidikan tanah yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa jenis tanah dominasi oleh tanah lempung dengan konsistensi *very soft* hingga kedalaman 30 m serta muka air tanah pada kedalaman -4,20 m. Hal tersebut mengakibatkan kemungkinan terjadinya tekanan tanah dan air yang cukup besar pada dinding basement sehingga perlu adanya Dinding Penahan Tanah untuk menahan tekanan tersebut. Selain untuk menahan tekanan, Dinding Penahan Tanah juga berfungsi untuk menjaga kestabilan dan mencegah keruntuhan tanah disampingnya. Sehingga perlu diperhatikan aspek geotekniknya mengenai konstruksi Dinding Penahan tanah.

Oleh karena itu penulis melakukan Tugas Akhir ini untuk merencanakan Dinding Penahan Tanah yang paling stabil, efektif dan ekonomis untuk kasus diatas. Penulis akan membandingkan Dinding Penahan Tanah jenis *diaphragm wall*, *secant pile*, dan *tangent pile*.

Tugas Akhir ini juga menganalisa metode konstruksi yang digunakan pada masing-masing jenis Dinding Penahan Tanah tersebut. Sedangkan metode konstruksi gedung Midtown Point and Ibis Styles Hotel secara umum menggunakan metode *Top Down Construction*.

Pada Tugas Akhir ini penulis melakukan analisa Rencana Anggaran Biaya berdasarkan biaya material dari masing – masing jenis Dinding Penahan Tanah saja. Tetapi pada kenyataannya masih terdapat berbagai faktor yang dapat menyebabkan bertambahnya biaya yang timbul, seperti selisih durasi waktu pekerjaan dari setiap jenis dinding penahan tanah yang dapat menambah biaya operasional dan lain – lain.

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi tanah yang ada pada lokasi proyek ?
2. Beban apa sajakah yang bekerja pada Dinding Penahan Tanah *basement* ?
3. Bagaimana pengaruh muka air tanah yang tinggi terhadap Dinding Penahan Tanah ?
4. Bagaimana cara merencanakan Dinding Penahan Tanah jenis *diaphragm wall*, *secant pile*, dan *tangent pile* ?
5. Jenis dinding penahan tanah manakah yang paling efektif berdasarkan metode pelaksanaan konstruksi nya ?
6. Jenis dinding penahan tanah manakah yang paling ekonomis berdasarkan biaya nya ?
7. Jenis dinding penahan tanah manakah yang dipilih ?

## 1.3. Tujuan

Merencanakan struktur Dinding Penahan Tanah yang paling stabil, efektif dan ekonomis untuk *basement* Midtown Point and Ibis Styles Hotel Jakarta.

## 1.4. Batasan Masalah

1. Metode pelaksanaan konstruksi yang digunakan adalah metode *Top Down Construction*.
2. Tugas Akhir ini menganalisa Rencana Anggaran Biaya berdasarkan biaya material saja.
3. Tugas Akhir ini hanya merencanakan dinding penahan tanahnya saja.

## 1.5. Manfaat

1. Sebagai alternatif perencanaan bagi proyek serupa dalam proses konstruksinya.
2. Sebagai referensi literatur untuk pengerjaan Tugas Akhir dengan topik yang serupa di masa mendatang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Koreksi Nilai N-SPT**

Data hasil tes *Standard Penetration Test*, selanjutnya disebut SPT, perlu diolah dan dianalisa terlebih dahulu karena data dari lapangan tidak secara langsung dapat digunakan untuk perencanaan. Nilai SPT asli yang didapatkan dari lapangan perlu dikoreksi terlebih dahulu.

##### **2.1.1. Koreksi terhadap muka air tanah**

Koreksi ini khusus untuk jenis tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah serta hanya bila NSPT > dari 15 karena pada saat penetrasi tabung belah SPT akan timbul tegangan air pori yang cukup besar yang mengakibatkan nilai N yang diperoleh lebih tinggi dari nilai yang seharusnya. Koreksi dilakukan dengan memilih harga terkecil N1 dari dua rumus berikut :

$$N1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15) \quad (\text{Terzaghi \& Peck, 1960}) \quad (2.1)$$

$$N1 = 0,6 N \quad (\text{Bazaara, 1967}) \quad (2.2)$$

dimana,

N1 = NSPT hasil koreksi

N = NSPT lapangan

Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dengan nilai NSPT < 15 tidak dilakukan koreksi sehingga nilai N1 = NSPT. Apabila nilai NSPT > 15 , maka tidak dilakukan koreksi baik terhadap muka air tanah maupun terhadap overburden pressure tanah.

##### **2.1.2. Koreksi terhadap overburden pressure tanah**

Hasil koreksi terhadap muka air tanah (NSPT) dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal efektif (overburden pressure) pada lapisan tanah dimana harga NSPT tersebut didapatkan. Digunakan rumusan overburden pressure sebagai berikut :

Untuk  $p_o \leq 75 \text{ kN/m}^2$  :

$$N_2 = 4N_1 / (1+0.04p_o) \quad (\text{Bazaara, 1967}) \quad (2.3a)$$

Untuk  $p_o \geq 75 \text{ kN/m}^2$  :

$$N_2 = 4N_1 / (3,25+0.01p_o) \quad (\text{Bazaara, 1967}) \quad (2.3b)$$

Setelah didapatkan nilai  $N_2$ , maka dilakukan pengecekan kembali terhadap nilai  $N_2$  dimana  $N_2 \leq 2 N_1$ .

Apabila  $N_2 > 2 N_1$ , maka  $N_2 = N_1$

## 2.2. Korelasi Data Tanah

Dalam perencanaan, diperlukan data parameter tanah seperti kohesi ( $C$ ), berat volume tanah ( $\gamma$ ) *saturated* ataupun *dry*, dan sudut geser tanah ( $\phi$ ). Sumber utama data parameter tanah adalah hasil dari uji laboratorium. Apabila pada kenyataannya tidak dimungkinkan untuk dilaksanakan uji laboratorium, maka dapat diperoleh data parameter tanah dengan cara mengkorelasikan nilai  $N$ -SPT dengan tabel korelasi dari hasil penelitian para ahli pada kasus – kasus sebelumnya. Untuk mendapatkan data-data tersebut digunakan tabel korelasi antara  $N$ -SPT dengan parameter-parameter tersebut seperti terlihat pada Tabel 2.1. sampai Tabel 2.4.

**Tabel 2. 1.** Korelasi Nilai  $N$ -SPT Terhadap Nilai  $C_u$  (Mochtar, 2012)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga $N$	Taksiran harga tahanan konus, $q_c$ (dari Sondir)	
	kPa	ton/ $\text{m}^2$		kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

**Tabel 2. 2.** Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Nilai  $\phi$  (Look, 2007)

<i>Type</i>	<i>Soil description</i>	<i>Effective cohesion (kPa)</i>	<i>Friction angle (degrees)</i>
Cohesive	Soft – organic	5-10	10-20
	Soft – non organic	10-20	15-25
	Stiff	20-50	20-30
	Hard	50-100	25-30

**Tabel 2. 3.** Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Nilai  $\gamma$  dan  $q_u$  (J.E. Bowles, 1984)

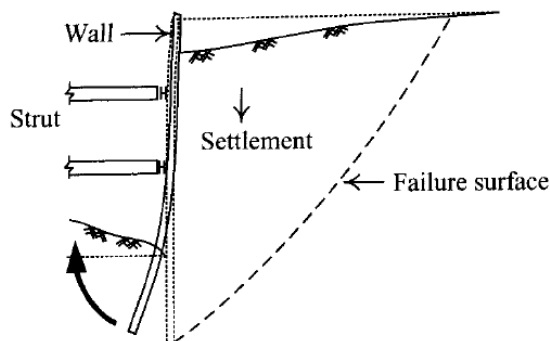
<b>N (blows)</b> <b><math>\gamma</math> (KN/m<sup>3</sup>)</b> <b><math>\phi</math> (°)</b> <b>State</b> <b>Dr (%)</b>	<i>Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent</i>				
	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
	0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
<b>N (blows)</b> <b><math>\gamma</math> (KN/m<sup>3</sup>)</b> <b><math>q_u</math> (kPa)</b> <b>Consistency</b>	<i>Cohesive Soil/Sol Cohérent</i>				
	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

**Tabel 2. 4.** Korelasi Tipe Tanah dengan Modulus Elastisitas dan Poisson's Ratio (Braja M Das)

Type of soil	Modulus of elasticity, $E_s$		Poisson's ratio, $\mu_s$
	MN/m <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	
Loose sand	10.5–24.0	1500–3500	0.20–0.40
Medium dense sand	17.25–27.60	2500–4000	0.25–0.40
Dense sand	34.50–55.20	5000–8000	0.30–0.45
Silty sand	10.35–17.25	1500–2500	0.20–0.40
Sand and gravel	69.00–172.50	10,000–25,000	0.15–0.35
Soft clay	4.1–20.7	600–3000	
Medium clay	20.7–41.4	3000–6000	0.20–0.50
Stiff clay	41.4–96.6	6000–14,000	

### 2.3. Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Di saat gaya geser suatu titik dalam tanah melebihi atau dalam kondisi seimbang dengan gaya geser tanah, titik tersebut berada dalam keadaan kritis atau akan mengalami keruntuhan. Bidang keruntuhan akan terbentuk pada saat banyak titik keruntuhan bersatu membentuk suatu bidang, sehingga mengakibatkan galian runtuh (*collapse*). Inilah yang dimaksud dengan *overall shear failure*. Kegagalan atau keruntuhan dalam penggalian adalah bencana dalam kawasan penggalian karena membahayakan bagi para pekerja dan peralatan, sehingga untuk menghindari kegagalan serta keruntuhan dibutuhkan analisa keruntuhan dengan analisa push – in yang akan dijelaskan melalui Gambar 2.1.



**Gambar 2. 1.** Keruntuhan Akibat *push in*

Dorongan pada analisa *push in* disebabkan oleh tekanan tanah ketika kondisi kritis, dimana hal tersebut dapat mengakibatkan dinding bergerak dalam jarak yang cukup jauh dari posisi semula terutama pada daerah dinding yang tertanah dalam tanah sehingga mengakibatkan keruntuhan seutuhnya.

Metode yang digunakan pada analisa *push in* adalah metode *free earth support* dengan memodelkan dinding di bawah posisi *strut* terbawah sebagai *free body* dan melakukan analisis kesetimbangan gaya, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.2b** dan juga menghitung distribusi tekanan tanah baik aktif maupun pasif yang akan dijelaskan pada **Gambar 2.2a**. Setelah itu, faktor keamanan terhadap *push in* dapat dicari menggunakan rumusan berikut ini :

$$F_p = \frac{M_r}{M_d} = \frac{P_p L_p + M_s}{P_a L_a} \quad (2.4)$$

dimana,

$F_p$  = faktor keamanan terhadap *push – in*

$M_r$  = momen resisten

$M_d$  = momen pendorong

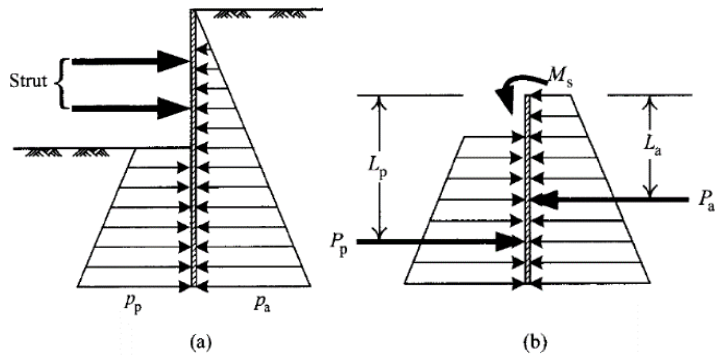
$P_a$  = resultan gaya tekan tanah aktif

$L_a$  = jarak dari *strut* terbawah ke titik tangkap gaya  $P_a$

$M_s$  = momen lentur yang diijinkan pada dinding penahan tanah

$P_p$  = resultan gaya tekan tanah pasif

$L_p$  = jarak dari *strut* terbawah ke titik tangkap gaya  $P_p$



**Gambar 2. 2.** Analisa *push in* dengan Metode *Gross Pressure* :  
(a) distribusi *Gross Earth Pressure* dan (b) kesetimbangan gaya dinding penahan tanah sebagai *free body*

Persamaan (2.4) biasa disebut dengan metode *gross pressure*. Faktor keamanan yang disarankan oleh JSA (1988) dan TGS (2001) adalah  $F_p \geq 1,5$ , namun saat mengasumsikan  $M_s = 0$ , maka dapat digunakan  $F_p \geq 1,2$ . Selain menghitung faktor keamanan akibat *push in*, persamaan (2.4) dapat digunakan untuk mencari kedalaman penetrasi dinding penahan tanah yang tertanam dengan berbagai macam nilai faktor keamanan.

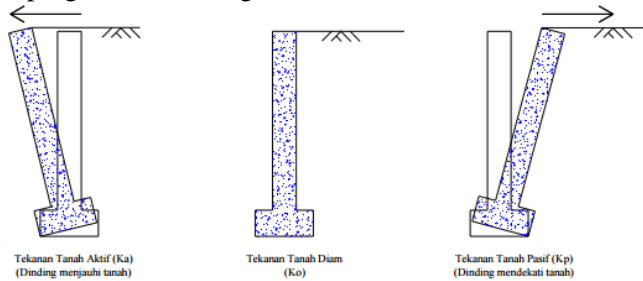
### 2.3.1. Tekanan lateral tanah

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah pada bidang horizontal. Tekanan tanah lateral dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Jika dinding menjauhi tanah, hingga terjadi keruntuhan, nilai  $K$  mencapai minimum yang dinamakan tekanan tanah aktif ( $K_a$ ).
2. Jika dinding bergerak menekan kearah tanah hingga runtuh, koefisien  $K$  mencapai nilai maksimum yang dinamakan tekanan tanah pasif ( $K_p$ ).
3. Jika dinding tidak bergerak,  $K$  menjadi koefisien tekanan tanah diam ( $K_0$ ).



Gambar 2.3. menunjukkan jenis tekanan tanah berdasarkan arah pergerakan dinding.



**Gambar 2. 3.** Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding. (Sumber : Weber,2010)

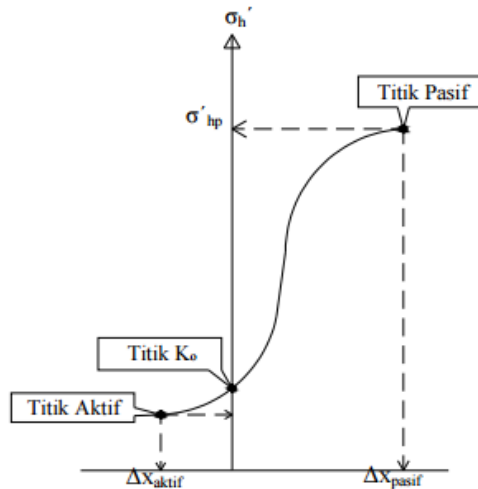
Jenis tanah, tinggi dinding dan tekanan lateral yang bekerja mempengaruhi besarnya perpindahan dinding penahan tanah. Tabel 2.5 menunjukkan hubungan jenis tanah, tinggi dinding dan perpindahan dinding untuk tekanan tanah aktif. Tabel 2.6 menunjukkan hubungan jenis tanah, tinggi dinding dan perpindahan dinding untuk tekanan tanah pasif. Gambar 2.4 menunjukkan grafik arah perpindahan dinding terhadap tekanan yang bekerja.

**Tabel 2. 5.** Hubungan jenis tanah, tinggi dinding dan perpindahan dinding untuk tekanan tanah aktif. (Gouw,2009)

Jenis Tanah	$\Delta x$ Aktif
Pasir Padat	0,001H – 0,002H
Pasir Lepas	0,002H – 0,004H
Lempung Keras	0,01H – 0,02H
Lempung Lunak	0,02H – 0,05H

**Tabel 2. 6.** Hubungan Jenis Tanah, Tinggi Dinding dan Perpindahan Dinding untuk Tekanan Tanah Pasif. (Gouw,2009)

Jenis Tanah	$\Delta x$ Pasif
Pasir Padat	0,005H
Pasir Lepas	0,01H
Lempung Keras	0,01H
Lempung Lunak	0,05H



**Gambar 2. 4.** Grafik arah perpindahan dinding terhadap tekanan yang bekerja

#### A. Tekanan Tanah Aktif

Suatu dinding penahan tanah dalam keseimbangan menahan tekanan tanah horizontal. Tekanan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tanah  $K_a$ . Jadi bila berat suatu tanah sampai kedalaman  $H$  maka tekanan tanahnya adalah  $\gamma H$  dengan  $\gamma$  adalah berat volume tanah, dan arah dari

tekanan tersebut adalah arahnya vertical ke atas. Sedangkan untuk mendapatkan tekanan horizontal maka  $K_a$  adalah konstanta yang fungsinya mengubah tekanan vertical tersebut menjadi tekanan horizontal.

Oleh karena itu tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H \quad (2.5)$$

Dimana harga  $K_a$ :

Untuk tanah datar:

$$K_a = \frac{1 - \sin Q}{1 + \sin Q} = \tan^2 \left( 45 - \frac{Q}{2} \right) \quad (2.6)$$

Untuk tanah miring:

$$K_a = \left( \frac{\cos Q}{1 + \sqrt{\frac{\sin Q \sin(Q-\delta)}{\cos \delta}}} \right)^2 \quad (2.7)$$

Keterangan:

$Q$  = sudut geser tanah

$\delta$  = kemiringan tanah

Selain itu, kohesi sebagai lekatan antara butiran tanah juga memiliki pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah yaitu sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ , sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H - 2 \times c \times \sqrt{K_a} \quad (2.8)$$

dimana  $c$  = kohesi tanah.

### **B. Tekanan Tanah Pasif**

Dalam hal tertentu suatu dinding penahan tanah dapat terdorong kearah tanah yang ditahan. Hal itu disebut sebagai tekanan tanah pasif. Arah dari tekanan tanah pasif berlawanan dengan arah tekanan tanah aktif.

Rumusan tekanan horizontal pasif dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H \quad (2.9)$$

Dimana harga  $K_p$

Untuk tanah datar adalah :

$$K_p = \frac{1+\sin Q}{1-\sin Q} = \tan^2 \left( 45 + \frac{Q}{2} \right) = \frac{1}{K_a} \quad (2.10)$$

Untuk tanah miring adalah:

$$K_a = \left( \frac{\cos Q}{1 + \sqrt{\frac{\sin Q \sin(Q+\delta)}{\cos \delta}}} \right)^2 \quad (2.11)$$

Keterangan:

Q = sudut geser tanah

δ = kemiringan tanah

Dalam kasus tekanan lateral pasif, kohesi (lekatan antar butiran tanah) mempunyai pengaruh memperbesar tekanan pasif tanah sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ , sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H + 2 \times c \times \sqrt{K_p} \quad (2.12)$$

Dimana c = kohesi.

### C. Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

Bila dinding penahan tanah dalam keadaan diam, yaitu bila dinding tidak bergerak ke salah satu arah baik ke kanan maupun ke kiri dari posisi awal, maka massa tanah akan berada dalam keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan arah horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan “koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*),  $K_o$ ”, atau

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad (2.13)$$

Karena  $\sigma_v = \gamma z$ , maka

$$\sigma_h = K_o (\gamma z) \quad (2.14)$$

Untuk tanah berbutir, koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat diwakili oleh hubungan empiris yang diperkenalkan oleh Jaky (1944).

$$K_o = 1 - \sin \phi \quad (2.15)$$

Brooker dan Ireland (1965) menyarankan agar kita menggunakan persamaan berikut ini untuk menghitung harga  $K_o$  dari tanah lempung yang terkonsolidasi normal (*normally consolidated*):

$$K_o = 0,95 - \sin \phi \quad (2.16)$$

Sudut  $\phi$  dalam persamaan (2.11) dan (2.12) adalah sudut geser tanah dalam keadaan air teralirkan (*drained*).

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi lebih (*overconsolidated*), koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*) dapat diperkirakan sebagai berikut:

$$K_{O \text{ (overconsolidated)}} = K_{O \text{ (normally consolidated)}} \sqrt{OCR} \quad (2.17)$$

dengan:

OCR = *overconsolidation ratio* (rasio terkonsolidasi lebih)

Rasio terkonsolidasi lebih didefinisikan sebagai:

$$OCR = \frac{\text{tekanan pra konsolidasi}}{\text{tekanan aktif akibat lapisan tanah di atasnya}} \quad (2.18)$$

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi normal, persamaan empiris yang lain untuk  $K_o$  telah diperkenalkan oleh Alpan (1967):

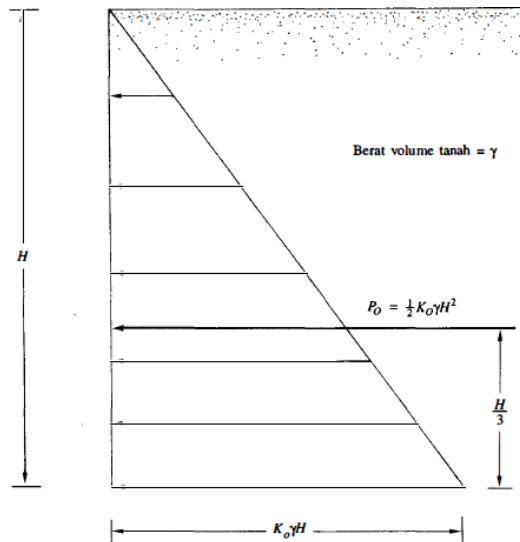
$$K_o = 0,19 + 0,233 \log (PI) \quad (2.19)$$

dengan:

PI = indeks plastisitas

Gambar 2.3 menunjukkan distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H. Gaya total per satuan lebar dinding,  $P_o$ , adalah sama dengan luas dari diagram tekanan tanah yang bersangkutan. Jadi,

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H^2 \quad (2.20)$$

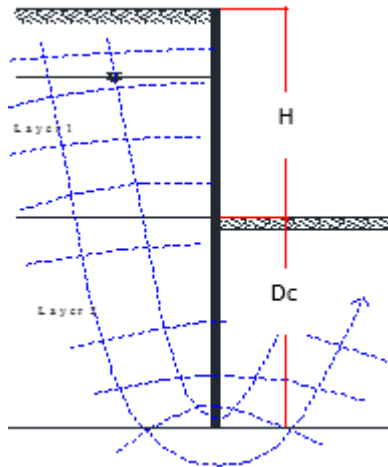


**Gambar 2. 5.** Distribusi Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam (*at rest*) Pada Tembok.

### 2.3.2. Kontrol heave (*hidrodynamic*)

Setelah dihitung kedalaman *retaining wall* berdasarkan kesetimbangan gaya, kemudian perlu juga untuk menghitung kedalaman *retaining wall* berdasarkan keamanan terhadap aliran air yang lebih dikenal dengan *hidrodynamic*.

Perbedaan ketinggian hidrolis air antar daerah aktif dan pasif dapat menyebabkan pergerakan air kedalam daerah pasif tanah, dalam hal ini adalah lubang galian seperti terlihat pada Gambar 2.6. Kedalaman yang aman terhadap *hidrodynamic* berarti dinding dapat memotong aliran tanah, sehingga pada saat proses penggalian nantinya aliran air tidak akan menjadi masalah yang serius namun tetap harus dilakukan pekerjaan *dewatering*.



**Gambar 2. 6** Hidrodinamic Pada Galian Tanah

Kedalaman penurapan ( $D_c$ ) harus cukup untuk mengatasi gejala *hydrodynamic* yang dapat mengganggu kestabilan dinding dan lubang galian tanah. Kedalaman penurapan ( $D_c$ ) dapat dihitung dengan mengontrol rasio antara nilai gradien hidrolis  $i$  dengan gradien hidro kritis.

$$i \text{ (gradien hidrolis)} \times SF < i_w \text{ (gradien hidrolis)}$$

$$\frac{\Delta h}{D_c} \times 1,2 < \frac{\gamma'}{\gamma_w} \quad (2.21)$$

dimana,

$\Delta h$  = Selisih antara dasar galian dengan kedalaman muka air tanah (m)

$D_c$  = Kedalaman penurapan (m)

$\gamma'$  = Berat jenis efektif tanah ( $\text{kN/m}^3$ )

$\gamma$  = Berat jenis air ( $\text{kN/m}^3$ )

### 2.3.3. Kontrol *uplift*

Kontrol akibat *uplift pressure* dilakukan pada bagian pelat paling bawah yang menyentuh tanah pada lapisan terdalam galian struktur bawah tanah. Dilakukan kontrol kestabilan terhadap gaya angkat ke atas akibat tekanan air tanah pada struktur bangunan bawah tanah tersebut. Di bawah

pelat sepanjang dinding penahan tanah yang tertanam terdapat lapisan tanah kedap air yang akan menjadi sebagai penahan gaya angkat ini. Kontrol terhadap *uplift* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_b = \frac{W_{struktur} + \sum \gamma t \cdot h_t + Q_s/3}{H_w \cdot \gamma_w \cdot A} \quad (2.22)$$

dimana,

$F_b$  = faktor keamanan terhadap gaya angkat  $\geq 1,2$

$W_{struktur}$  = berat struktur di atas tanah galian

$\gamma t$  = berat jenis tanah kedap air

$h_t$  = tebal lapisan tanah kedap air

$Q_s$  = *skin friction* dinding penahan tanah

=  $q_{si} \cdot A_{si} = \sum_{i=0}^{i=N} \left( \frac{N \cdot s_i}{3} + 1 \right) \cdot A_{si}$  (Luciano DeCourt, 1982)

$H_w$  = tinggi muka air tanah

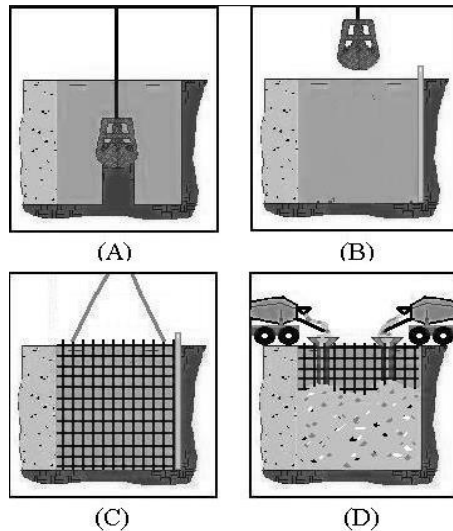
$\gamma_w$  = berat jenis air tanah

$A$  = luasan pelat paling bawah

#### 2.4. Diaphragm Wall

*Diaphragm Wall* adalah salah satu jenis dinding penahan tanah (*retaining wall*) yang bisa juga digunakan sekaligus untuk dinding *basement* pada struktur bangunan yang memiliki lantai bawah tanah. Pengerjaanya dilakukan sebelum melakukan pekerjaan galian tanah dengan cara melakukan pengeboran, pemasangan tulangan kemudian diakhiri dengan pengecoran. Setelah struktur *Diaphragm Wall* mencukupi umur serta kekuatannya maka bisa dilanjutkan dengan pekerjaan galian tanah.





**Gambar 2. 7. Diaphragm Wall**

Kelebihan dalam menggunakan *Diaphragm Wall* diantaranya:

1. Proses pengerjaan lebih cepat dibanding konstruksi Dinding Penahan Tanah lainnya.
2. Dapat dikombinasikan dengan metode *Top Down Construction* sehingga waktu pengerjaan lebih efisien.
3. Pengerjaan minim polusi suara dan getaran.

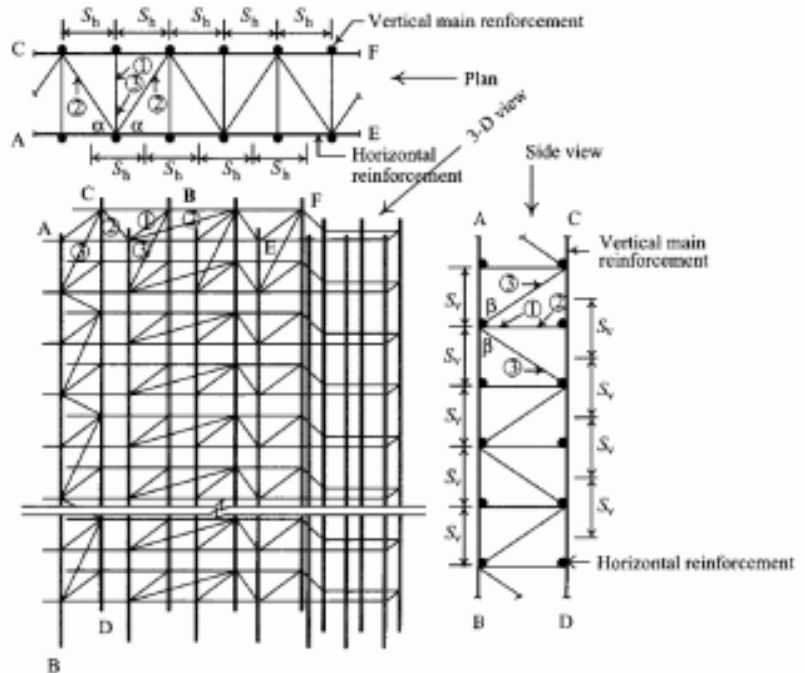
Kelemahan dalam menggunakan *Diaphragm Wall* diantaranya :

1. Biaya relatif lebih tinggi dibanding konstruksi Dinding Penahan tanah lainnya.
2. Sambungan panel *Diaphragm Wall* rentan bocor (*leaked*), sehingga perlu dilakukan grouting pada area yang bocor.

Mendesain *Diaphragm Wall* terdiri dari perencanaan ketebalan dinding dan penulangannya. Ketebalan dinding biasanya ditentukan melalui analisa tegangan, analisa deformasi dinding, dan studi kelayakan detailing penulangan dinding. Menurut Chang Yu-Ou (2006), ketebalan *Diaphragm Wall* dapat diasumsikan sebesar 5% He (Kedalaman Galian) di *preliminary design*.

Perhitungan penulangan Diaphragm Wall secara umum mengikuti metode LFRD. Desain utama penulangannya meliputi tulangan vertikal, tulangan horizontal, dan tulangan geser seperti ditunjukkan pada gambar 2.8. Perhitungan penulangan didasarkan pada *bending moment* dan *shear envelope* yang didapat dari analisa tegangan pada program bantu Plaxis 8.2.

Perhitungan kebutuhan tulangan dilakukan berdasarkan momen lentur dan gaya geser terbesar yang didapat dari analisa tegangan menggunakan program bantu.



**Gambar 2. 8.** Perencanaan Penulangan pada Diaphragm Wall  
{sumber : Chang-Yu Ou, 2006}

Berikut ini adalah dasar teori yang digunakan pada saat perencanaan utama penulangan diaphragm wall :

### A. Tulangan vertikal

Momen penahan lentur nominal dari beton dapat dicari melalui perumusan berikut ini dan ditunjukkan pada Gambar 2.9 :

$$MR = (1/\phi) \rho_{max} f_y (1 - 0,59 (\rho_{max} f_y) / f'_c) b d^2$$

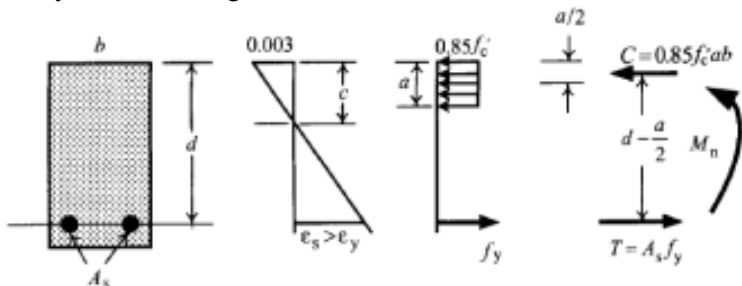
dimana,  $d$  = jarak dari serat kompresi ekstrem ke pusat tulangan

$\rho_{max}$  = rasio penulangan maksimum =  $0,75 \rho_b$

$\phi$  = faktor reduksi momen lentur =  $0,9$

$f'_c$  = mutu beton

$f_y$  = mutu tulangan



**Gambar 2. 9.** Tegangan pada Kondisi Ultimate di Beton  
Bertulang {sumber : Chang-Yu Ou, 2006)

Rasio tulangan saat keadaan balanced dapat dihitung menggunakan perumusan berikut ini :

$$\rho_b = (0,85 f'_c / f_y) \beta_1 (6120 / (6120 + f_y))$$

dimana,

$$\beta_1 =$$

$$0,85 \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$0,85 - 0,05 ((f'_c - 280) / 70) \geq 0,65, f'_c > 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Saat } \mu \leq \phi MR$$

Perencanaan penulangan yang perlu direncanakan hanya tulangan tarik saja seperti berikut ini :

- Menentukan rasio kekuatan material  $m = f_y / 0,85 f'_c$
- Menentukan rasio penulangan  $\rho = 1 / m (1 - \sqrt{1 - 2mMn / f_y b d^2})$

- Menentukan luas tulangan yang diperlukan  $A_s = \rho b d$

Saat  $M_u > \phi MR$

Kondisi ini menjelaskan bahwa tulangan tarik sudah mencapai tegangan maksimumnya, dimana momen penahan nominal masih lebih kecil daripada bending momennya. Kondisi ini mengakibatkan perlunya perencanaan penulangan tekan sebagai berikut :

- Mencari nilai  $a$

$$a = T_1 / 0,85 f'c = \rho_1 b d f_y / 0,85 f'c b$$

- Menghitung bending moment tulangan tekan

$$M_2 = M_u - M_1 = M_n - T_1 (d - a / 2)$$

- Menentukan luasan tulangan yang diperlukan

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = \rho_1 b d + M_2 / f_y (d - d')$$

### **B. Tulangan horisontal**

Tulangan horisontal diperlukan karena adanya efek susut beton oleh temperatur dan perhitungannya menggunakan persamaan berikut ini :

$$A_s =$$

$$\{ 0,002 A_g (f_y < 4200 \text{ kg/cm}^2)$$

$$0,0018 A_g (f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2)$$

$$0,0018 (4200 / f_y) A_g \geq 0,00144 A_g (f_y > 4200 \text{ kg/cm}^2) \}$$

### **C. Tulangan geser**

Tulangan geser direncanakan apabila  $V_u \geq V_c = \phi 0,53 \sqrt{f'c} b d$  dimana  $\phi = 0,85$ . Terdapat 3 jenis tulangan geser seperti pada Gambar 2.4 terdiri dari satu tulangan utama dan dua tulangan miring. Apabila jarak horisontal antar dua tulangan geser sama dengan asumsi  $b = 100 \text{ cm}$ , maka :

$$A_v = 100 A_b S_h \text{ dimana,}$$

$A_v$  = luasan total seluruh tulangan geser pada jarak horisontal

$A_b$  = luasan bagian dari sebuah tulangan geser

$S_h$  = jarak horisontal antar tulangan geser

sehingga kekuatan geser nominal pada tiga tulangan geser dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{S1} = Av fy d / Sv$$

$$V_{S2} = (Av fy d / Sv) \sin \alpha$$

$$V_{S3} = (Av fy d / Sv) \sin \beta$$

dimana,

$V_{S1}$  = kekuatan geser nominal tulangan utama

$V_{S2}$  = kekuatan geser nominal tulangan miring tipe 2

$V_{S3}$  = kekuatan geser nominal tulangan miring tipe 3

$Sv$  = jarak vertikal antar tulangan

$\alpha$  = sudut antara tulangan miring dengan tulangan horisontal

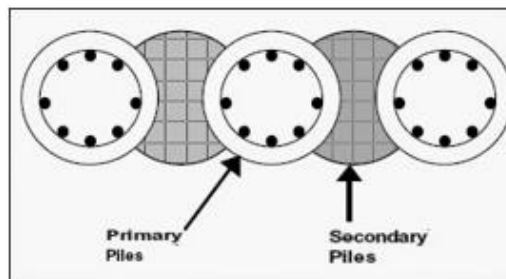
$\beta$  = sudut antara tulangan miring dengan tulangan vertikal

Kekuatan geser nominal seluruh tulangan geser pada diaphragm wall dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_n = V_c + V_s = V_c + V_{S1} + V_{S2} + V_{S3}$$

## 2.5. Secant Piles

Secant Pile merupakan Dinding Penahan Tanah jenis In-situ yang biasanya digunakan pada area yang sempit karena metode ini tidak membutuhkan area yang luas untuk membuat konstruksi dan menahan rembesan air. Secant pile juga bisa diterapkan pada tanah dengan kondisi sulit atau level muka air yang tinggi. Struktur secant pile tersusun atas barisan pile beton tak bertulang yang disebut dengan primary pile dan pile beton bertulang yang disebut secondary pile. Primary pile dicor terlebih dahulu. Begitu pula dengan secondary pile yang dicor secara overlap terhadap primary pile. Keduanya disusun saling menyambung hingga membuat dinding.



**Gambar 2. 10. Secant Pile**

Primary pile berfungsi sebagai penutup galian dan pengendap, sedangkan secondary pile berfungsi sebagai elemen struktural yang memberikan kapasitas lentur sistem secant pile.

Keuntungan dalam menggunakan Secant Pile diantaranya :

1. Relatif lebih murah harganya dibanding dengan konstruksi Dinding Penahan Tanah lainnya.
2. Tidak membutuhkan area yang luas untuk konstruksinya.
3. Dapat digunakan pada tanah dengan kondisi sulit (Muka Air Tanah yang tinggi).

Kekurangan dalam menggunakan Secant Pile diantaranya :

1. Waktu pengerjaan lebih lama dibanding dengan konstruksi Dinding Penahan tanah lainnya.
2. Membutuhkan finishing lagi jika ingin digunakan sebagai basement.

Mendesain Secant Pile terdiri dari perencanaan diameter bored pile dan perencanaan penulangannya.

Menentukan diameter bored pile dapat dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut:

$$Ds = \frac{\sqrt{Q_w}}{\sqrt{\left(\frac{\pi}{4}\right) 0,25 f'c}} \quad (2.23)$$

Dimana,

Ds = Diameter bored pile

Q<sub>w</sub> = Beban kerja dari tiang pondasi

f'c = Mutu beton

Penulangan bored pile Untuk mencari tulangan utama merujuk pada SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2) :

$$pb = (0,85 \times f'c \times \beta_1 / f_y) \times (600 / (600 + f_y))$$

dimana,

pb = rasio tulangan berimbang

f'c = kuat tekan beton yang disyaratkan

f<sub>y</sub> = tegangan leleh baja

Faktor harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f'c lebih kecil daripada atau sama dengan 30 MPa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 MPa harus direduksi

sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 MPa di atas 30 Mpa, namun tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

Rasio tulangan maksimum menurut SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3) dibatasi sebesar:

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

atau menurut SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1) :

$$\rho_{\max} = 0,025$$

Rasio tulangan minimum menurut SNI 2847:2013 pasal (10.5.1) dibatasi sebesar :

$$\rho_{\min} = (1,4 / f_y) \text{ dan } (\sqrt{f'_c} / 4f_y)$$

dimana,

$$m = f_y / (0,85 \times f'_c)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,5 \rho_b$$

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$R_n = \rho_{\text{pakai}} f_y (1 - ((0,588 \rho_{\text{pakai}} f_y) / f'_c))$$

Jika  $b = A_g / 0,8D$  dan  $d = 0,8D$ , maka luas tulangan ( $A_s$ ) dari  $\rho$  yang didapatkan :

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b \times d$$

Penulangan geser direncanakan dengan kriteria perencanaan lentur sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.1.1.

$$\phi V_n \geq V_u$$

dimana,

$\phi V_n$  = kuat geser penampang

$V_u$  = geser ultimate yang ditahan oleh penampang

Kuat geser nominal dari penampang merupakan gabungan kuat geser beton ( $V_c$ ) dan tulangan ( $V_s$ ) sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 dan pasal 11.4.5.3.

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_s = 0,33 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.6.2 jarak maksimum antar sengkang yang tidak memerlukan sengkang tertutup tidak boleh melebihi

$$s = d \leq 300 \text{ mm}$$

## 2.6. Tangent Piles

Tangent Pile atau bisa juga disebut continuous bored pile pada dasarnya memiliki konsep yang sama dengan Secant Pile, yaitu sama – sama Dinding penahan tanah jenis In-Situ. Hal yang membedakan Tangent Pile dengan Secant Pile adalah pada primary piles, pada tangent pile primary piles dan secondary piles sama sama menggunakan konstruksi bored pile dan tidak dilakukan overlapping pada primary piles.



**Gambar 2. 11. Tangent Pile**

Keuntungan dalam menggunakan Tangent Pile diantaranya :

1. Tidak membutuhkan area yang luas untuk konstruksinya.
2. Dapat digunakan pada tanah dengan kondisi sulit (Muka Air Tanah yang tinggi).
3. Lebih praktis metode pelaksanaan nya dan alat berat yang dibutuhkan dalam proses konstruksinya dibanding dengan secant pile.

Kelemahan dalam menggunakan Tangent Pile diantaranya :

1. Harga relatif lebih mahal dibanding Secant Pile.
2. Membutuhkan finishing lagi jika ingin digunakan sebagai basement.

Mendesain Tangent Pile terdiri dari perencanaan diameter bored pile dan perencanaan penulangannya. Menentukan diameter bored pile dapat dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$Ds = \sqrt{\frac{Qw}{\left(\frac{\pi}{4}\right)0,25frc}} \quad (2.23)$$

dimana,

Ds = Diameter bored pile

Qw = Beban kerja dari tiang pondasi



$f'_c$  = Mutu beton

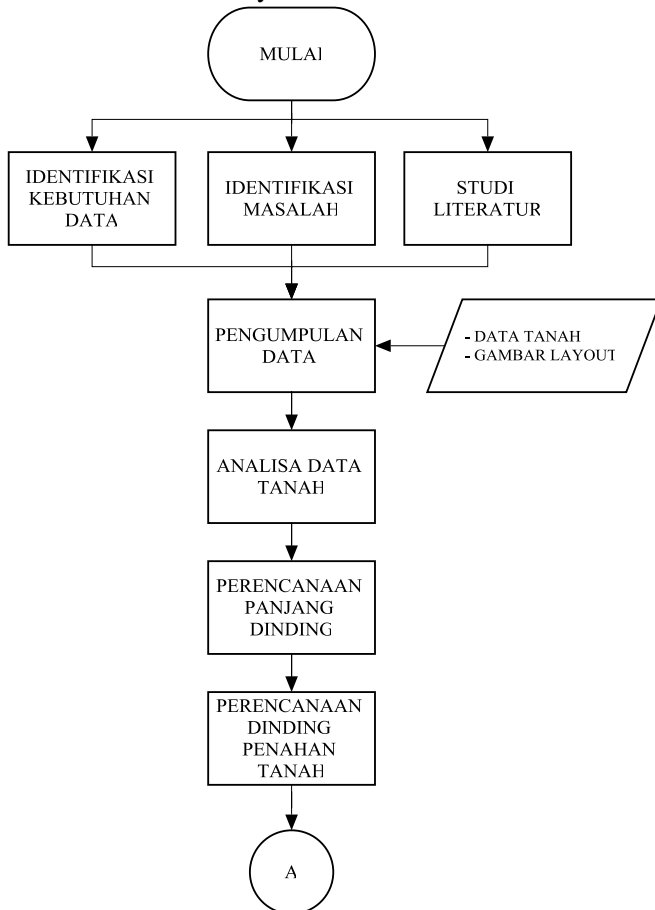
Sedangkan perencanaan penulangan bored pile sama seperti secant pile (dapat mengikuti SNI 03-2847-2013) atau dengan menggunakan program bantu seperti PCACOL dan SPCOLUMN.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

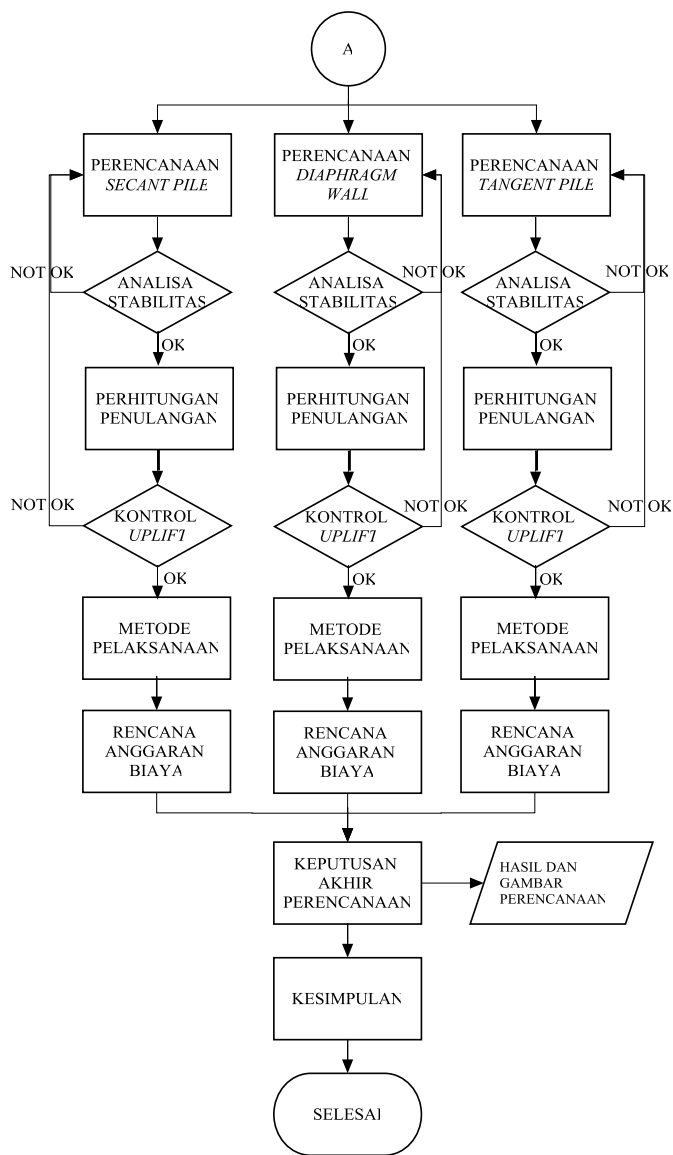
### BAB III

## METODOLOGI

Gambar 3.1 merupakan bagan alir dalam penulisan Tugas Akhir Perencanaan Dinding Penahan Tanah *Basement* Pada Midtown Point and Ibis Styles Hotel Jakarta.



**Gambar 3. 1.** Bagan Alir Tugas Akhir



**Gambar 3. 2.** Bagan Alir Tugas Akhir (lanj.)

Berikut adalah penjelasan mengenai Gambar 3.1 Bagan Alir Tugas Akhir :

### **Identifikasi Masalah**

Identifikasi Masalah ialah sebuah proses identifikasi dari masalah – masalah yang ada disekitar kita untuk diangkat menjadi sebuah topik dalam Tugas Akhir. Untuk mengetahui masalah yang ingin diselesaikan ini perlu dilakukan survey atau riset skala kecil agar permasalahan yang kita angkat kedalam topik Tugas Akhir ini merupakan permasalahan yang memang diperlukan penyelesaiannya.

### **Identifikasi Kebutuhan Data**

Identifikasi Kebutuhan Data adalah sebuah proses untuk menentukan sekiranya data apa saja yang diperlukan untuk memecahkan masalah yang terjadi. Dalam prakteknya, perlu dilakukan juga konsultasi dengan ahli atau orang yang berpengalaman dengan topik permasalahan supaya mempermudah dan mempercepat proses pengerjaan Tugas Akhir.

### **Studi Literatur**

Studi Literatur yang dimaksud adalah mengumpulkan materi – materi yang akan digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan. Bisa dari Jurnal, Text Book, Catatan Kuliah, maupun Tugas Akhir dengan topik serupa.

### **Pengumpulan Data**

Pengumpulan Data adalah proses pengambilan data – data yang diperlukan untuk memecahkan masalah yang terjadi. Data – data yang dimaksud pada Tugas Akhir ini adalah data tanah dan gambar layout.

### **Analisa Data Tanah**

Dalam pelaksanaannya data tanah tidak bisa langsung digunakan dalam perencanaan, tetapi harus dilakukan koreksi terhadap beberapa faktor. Selain itu, dalam Analisa Data Tanah juga dilakukan analisa parameter tanah untuk mengetahui karakter dan klasifikasi tanah yang didapat dari data tanah dengan cara melakukan korelasi dari data yang ada terhadap parameter data tanah yang dibutuhkan.

## **Perencanaan Panjang Dinding**

Setelah didapatkan data parameter tanah yang dibutuhkan, selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan panjang dinding penahan tanah. Dalam pelaksanaannya, perhitungan kedalaman dinding dilakukan dengan menggunakan konsep *push in* dan analisa kesetimbangan gaya.

## **Perencanaan Dinding Penahan Tanah**

Perencanaan dinding penahan tanah adalah perencanaan secara rinci untuk setiap jenis dinding penahan tanah yang dibandingkan. Perencanaan yang dimaksud adalah *preliminary design*, analisa stabilitas dinding, perhitungan penulangan, kontrol terhadap *uplift*, metode pelaksanaan dan rencana anggaran biaya.

### **a. Preliminary design**

Perencanaan awal atau *preliminary design* merupakan penentuan rancangan awal yang bertujuan untuk mempermudah proses perhitungan. Parameter – parameter perencanaan awal ini dapat diperoleh dari perencanaan sebelumnya atau dari sumber – sumber literatur yang sumbernya dapat dipercaya.

### **b. Analisa stabilitas dinding**

Analisa stabilitas dinding merupakan tahap perencanaan yang bertujuan untuk mendapatkan hasil analisa dari perencanaan awal yang dilakukan. Apabila didapat hasil tidak memenuhi syarat, maka harus dilakukan perbaikan atau modifikasi terhadap perencanaan awal sehingga didapatkan hasil analisa yang memenuhi syarat. Dalam pelaksanaannya, analisa stabilitas dinding ini dapat dihitung dengan menggunakan program bantu seperti Plaxis V.8.2. dan SAP2000.

### **c. Perhitungan penulangan**

Berdasarkan hasil dari perhitungan stabilitas dinding, maka dapat dihitung kebutuhan penulangan untuk setiap jenis dinding penahan tanah yang dibandingkan.

#### **d. Kontrol *uplift***

Pada perencanaan kali ini juga dilakukan kontrol terhadap *uplift* untuk setiap jenis dinding penahan tanah yang dibandingkan.

#### **e. Metode pelaksanaan**

Dalam perencanaan kali ini juga dilakukan pembahasan mengenai bagaimana metode pelaksanaan konstruksi yang dilakukan untuk setiap jenis dinding penahan tanah yang dibandingkan. Selain itu, dalam tugas akhir ini juga membahas metode *dewatering* apa yang digunakan dalam perencanaan dan pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic*.

#### **f. Rencana anggaran biaya**

Pada tugas akhir ini juga membahas rencana anggaran biaya dari jumlah material dinding penahan tanah yang terjadi.

### **Keputusan Akhir Perencanaan**

Keputusan Akhir Perencanaan adalah pemilihan dinding penahan tanah yang telah dihitung sebelumnya melalui perbandingan dari segi stabilitas, efektivitas dan segi ekonomis dari segi material tiap alternatif dinding penahan tanah. Keluaran atau *output* dari sub bab ini adalah hasil dan gambar perencanaan menggunakan dinding penahan tanah yang terpilih.

### **Kesimpulan**

Pada bab ini terdapat kesimpulan dari perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu terdapat pula saran – saran yang didapatkan oleh penulis selama proses pengerjaan tugas akhir, supaya pembaca dapat menghindari kesalahan – kesalahan atau bahkan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai topik yang serupa.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada tugas akhir ini akan dibandingkan 3 (tiga) jenis dinding penahan tanah untuk menahan tekanan lateral tanah yang terjadi pada dinding *basement*. Jenis dinding penahan tanah yang akan dibandingkan adalah *Diaphragm Wall*, *Secant Pile*, dan *Tangent Pile*.

Dalam perencanaannya, terlebih dahulu akan dilakukan analisa data tanah dan perhitungan kebutuhan panjang dinding penahan tanah. Setelah itu akan dilakukan perencanaan mendetail dengan masing – masing jenis dinding penahan tanah. Perencanaan yang dimaksud adalah perencanaan secara rinci untuk setiap jenis dinding penahan tanah yang dibandingkan, yang terdiri dari *preliminary design*, analisa stabilitas dinding, perhitungan penulangan, kontrol terhadap *uplift*, metode pelaksanaan dan rencana anggaran biaya.

Setelah dilakukan perencanaan terhadap masing – masing jenis dinding penahan tanah, kemudian dilakukan pemilihan dinding penahan tanah yang akan digunakan sebagai hasil perencanaan. Kriteria dalam pemilihan dinding penahan tanah tersebut antara lain dari segi stabilitas struktur, efektifitas metode pelaksanaan dan biaya material yang ekonomis dari tiap alternatif dinding penahan tanah.

#### **4.1. Analisa Data Tanah**

Data tanah yang digunakan adalah hasil penyelidikan tanah pada area lokasi proyek Midtown Point and Ibis Styles Hotel, seperti terlihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4. 1.** Lokasi Proyek

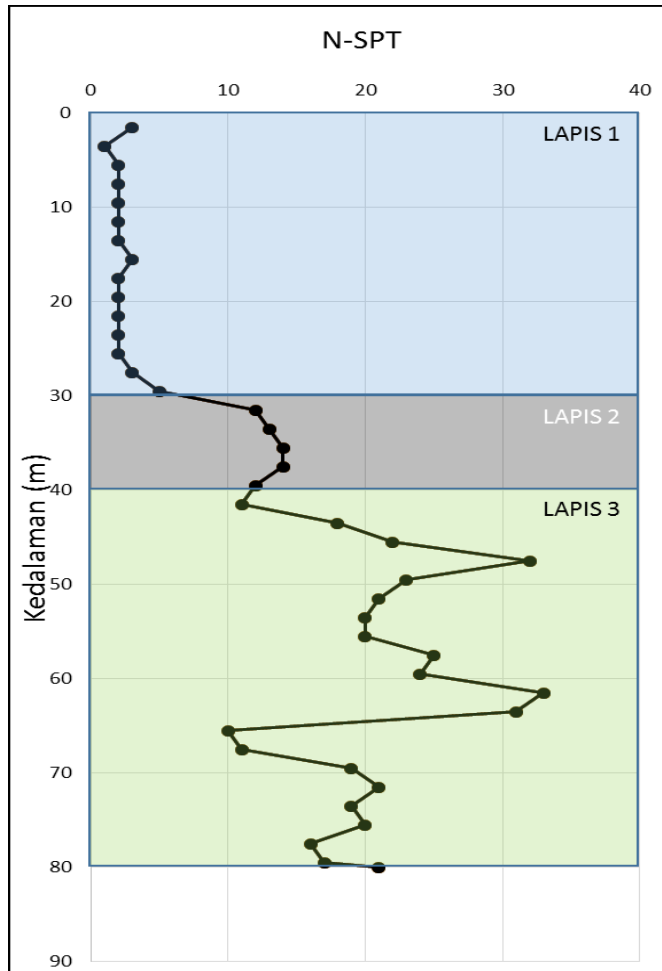
Berdasarkan penyelidikan yang telah dilakukan, dapat dilihat hasilnya pada Tabel 4.1. Sedangkan grafik N-SPT vs kedalaman dapat dilihat pada Gambar 4.2. Data ini nantinya akan dipakai untuk menganalisa kondisi lapisan tanah dan parameterya.

**Tabel 4. 1.** Rangkuman Data Tanah

Kedalaman (m)	Nilai N-SPT	Jenis Tanah	Konsistensi
1,5	3	SILTY CLAY WITH SAND	SOFT
3,5	1		
5,5	2		
7,5	2		
9,5	2		
11,5	2		
13,5	2		

15,5	3		
17,5	2		
19,5	2	SILTY CLAY	SOFT TO MEDIUM
21,5	2		
23,5	2		
25,5	2		
27,5	3		
29,5	5		
31,5	12	SILTY CLAY	MEDIUM TO STIFF
33,5	13		
35,5	14		
37,5	14		
39,5	12		
41,5	11	CLAYLE Y SILT	STIFF
43,5	18		
45,5	22	SAND	DENSE
47,5	32		
49,5	23	CLAYLE Y SILT	VERY STIFF
51,5	21		
53,5	20	SILTY CLAY	VERY STIFF TO HARD
55,5	20		
57,5	25		
59,5	24		
61,5	33		
63,5	31		
65,5	10	CLAYLE Y SILT	STIFF TO VERY STIFF
67,5	11		
69,5	19		
71,5	21		

73,5	19		
75,5	20		
77,5	16		
79,5	17		
80	21		



**Gambar 4. 2.** Grafik Nilai N-SPT vs Kedalaman

#### 4.1.1. Koreksi Nilai N-SPT

Hasil penyelidikan data tanah (Tabel 4.1) menunjukkan bahwa jenis tanah didominasi oleh lempung dan lanau. Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dengan nilai NSPT < 15 tidak dilakukan koreksi sehingga nilai  $N_1 = NSPT$ .

Apabila nilai NSPT  $> 15$  , maka tidak dilakukan koreksi baik terhadap muka air tanah maupun terhadap overburden pressure tanah. Hasil kesimpulannya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2. Kesimpulan Data Tanah**

Lapisan	Kedalaman (m)	Nilai N Rata - Rata	Jenis Tanah	Konsistensi
1	0-30	3	SILTY CLAY	SOFT
2	30-40	12	SILTY CLAY	STIFF
3	40-80	20	SILTY CLAY	VERY STIFF

#### **4.1.2. Korelasi Data Tanah**

Apabila data yang didapatkan dari hasil tes laboratorium kurang mencukupi untuk perencanaan, maka dilakukan pendekatan – pendekatan untuk mendapat parameter tanah yang dibutuhkan. Salah satu cara pendekatan untuk mendapatkan parameter tanah adalah dengan cara mengkorelasikan data tanah yang ada dengan tabel korelasi yang diperoleh dari perencanaan sebelumnya atau hasil penelitian para ahli. Kesimpulan dari hasil analisa parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 4.6. Berikut adalah contoh penentuan korelasi tanah untuk setiap parameter tanah.

##### **A. Penentuan nilai $\gamma_{sat}$ , $\gamma_{dry}$ dan $\gamma_{unsat}$**

Untuk menentukan nilai  $\gamma_{sat}$  dari setiap lapisan tanah caranya adalah dengan mengorelasikan antara nilai N-SPT dengan Tabel 4.3. Kemudian, untuk menentukan nilai  $\gamma_{dry}$  yaitu dengan cara menghubungkan antara nilai  $\gamma_{sat}$  yang telah didapatkan sebelumnya dengan Tabel 4.4. Sedangkan untuk mendapatkan nilai  $\gamma_{unsat}$  adalah dengan mengambil nilai tengah antara  $\gamma_{sat}$  dan  $\gamma_{dry}$ .

**Tabel 4. 3.** Korelasi Antara Nilai N-SPT dengan  $\gamma_{sat}$ 

<i>Cohesionless Soil</i>					
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	-	12-16	14-18	16-20	18-23
$\phi$ (°)	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
<i>Cohesive Soil</i>					
N (blows)	< 4	4-6	6-15	16-25	>25
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu (kPa)	< 25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	<i>Very soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Sumber: Bowles (1984) dalam Wahyudi (1999)

**Tabel 4. 4.** Korelasi Antara  $\gamma_{sat}$  dan  $\gamma_{dry}$ 

Nature des sols		$\gamma_d$		$e^*$	n	$w_{sat}$	$\gamma_{sat}^*$
		g/cm <sup>3</sup>	lb.cb.ft			%	g/cm <sup>3</sup>
Argiles	— molles — moyennes	0,5	31,25	4,4	0,8	163	1,31
		0,6	37,50	3,5	0,78	129,6	1,38
		0,7	43,75	2,86	0,74	105,8	1,44
		0,8	50,00	2,38	0,7	88,0	1,5
		0,9	56,25	2	0,67	74,1	1,57
		1,0	62,50	1,7	0,63	63	1,63
		1,1	68,75	1,45	0,59	53,9	1,69
		1,2	75,00	1,25	0,56	46,3	1,76
		1,3	81,25	1,08	0,52	39,9	1,82
		1,4	87,50	0,93	0,48	34,4	1,88

- Untuk lapisan 1 (kedalaman 0 s.d -30 m) berjenis lempung lanau, konsistensi very soft dan mempunyai nilai N-SPT = 3. Dengan menggunakan persamaan linier maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\gamma_{sat} = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{dry} = 11,06 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{unsat} = 14,03 \text{ kN/m}^3$$

- Untuk lapisan 2 (kedalaman -30 s.d -40 m) berjenis lempung lanau, konsistensi medium dan mempunyai nilai N-SPT = 12. Dengan menggunakan persamaan linier maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\gamma_{\text{sat}} = 17,33 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 11,24 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{unsat}} = 14,28 \text{ kN/m}^3$$

- Untuk lapisan 3 (kedalaman -40 s.d -80 m) berjenis lempung lanau, konsistensi stiff dan mempunyai nilai N-SPT = 20. Dengan menggunakan persamaan linier maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\gamma_{\text{sat}} = 17,78 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{dry}} = 12,33 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{unsat}} = 15,06 \text{ kN/m}^3$$

### B. Penentuan nilai $C_u$ dan $C'$

Dalam menentukan nilai *Undrained Shear Strength* ( $C_u$ ) dan *Effective Shear Strength* ( $C'$ ), dapat diperoleh menggunakan korelasi nilai N-SPT dengan Tabel 4.5. berikut:

**Tabel 4. 5.** Korelasi untuk Normally Consolidated Clay Layers (sumber : Mochtar, 2012)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, $q_c$ (dari Sondir)	
	kPa	ton/ m <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000–2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20– 40	2000 –4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 –75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75– 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

- Untuk lapisan 1 (kedalaman 0 s.d. -30 m), berjenis lempung lanau, dengan konsistensi soft, dan nilai N-SPT = 3. Dengan menggunakan persamaan linier maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$C_u = 15 \text{ kN/m}^3$$

$$C' = 2/3 C_u = 10 \text{ kN/m}^3$$



- Untuk lapisan 2 (kedalaman -30 s.d. -40 m), berjenis lempung lanau, dengan konsistensi medium, dan nilai N-SPT = 12. Dengan menggunakan persamaan linier maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$C_u = 60 \text{ kN/m}^3$$

$$C' = 2/3 C_u = 40 \text{ kN/m}^3$$

- Untuk lapisan 3 (kedalaman -40 s.d. -80 m), berjenis lempung lanau, dengan konsistensi stiff, dan nilai N-SPT = 20. Dengan menggunakan persamaan linier maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$C_u = 100 \text{ kN/m}^3$$

$$C' = 2/3 C_u = 66,67 \text{ kN/m}^3$$

### C. Penentuan nilai $\phi$

Besaran nilai *Internal Friction Angle* ( $\phi$ ) untuk tanah kohesif dapat diperkirakan dengan menggunakan korelasi antara nilai  $C'$  dengan Tabel 4.6.

**Tabel 4. 6.** Korelasi antara nilai  $C'$  dengan  $\phi$

Type	Soil description	Effective cohesion (kPa)	Friction angle (degrees)
Cohesive	Soft – organic	5-10	10-20
	Soft – non organic	10-20	15-25
	Stiff	20-50	20-30
	Hard	50-100	25-30

(Sumber: Look, 2007)

- Untuk lapisan 1 (kedalaman 0 s.d. -30 m), berjenis lempung lanau, dengan konsistensi very soft, dan nilai  $C' = 10$ . Dengan menggunakan persamaan linier, maka dapat diperoleh nilai  $\phi$  sebesar  $20^\circ$ .

- Untuk lapisan 2 (kedalaman -30 s.d. -40 m), berjenis lempung lanau, dengan konsistensi medium, dan nilai  $C' = 40$ . Dengan menggunakan persamaan linier, maka dapat diperoleh nilai  $\phi$  sebesar  $26,67^\circ$ .

- Untuk lapisan 3 (kedalaman -40 s.d. -80 m), berjenis lempung lanau, dengan konsistensi stiff, dan nilai  $C' = 60$ . Dengan menggunakan persamaan linier, maka dapat diperoleh nilai  $\phi$  sebesar  $26,67^\circ$ .

#### D. Penentuan nilai $E_s$ dan $\mu$

Dalam menentukan nilai Modulus Elastisitas Tanah ( $E_s$ ) dan *Poisson's Ratio* ( $\mu$ ), dapat diperoleh menggunakan korelasi antara jenis tanah dengan Tabel 4.7 berikut :

**Tabel 4. 7.** Modulus Elastisitas Berdasarkan Tipe Tanah

Type of soil	Modulus of elasticity, $E_s$		Poisson's ratio, $\mu_s$
	MN/m <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	
Loose sand	10.5–24.0	1500–3500	0.20–0.40
Medium dense sand	17.25–27.60	2500–4000	0.25–0.40
Dense sand	34.50–55.20	5000–8000	0.30–0.45
Silty sand	10.35–17.25	1500–2500	0.20–0.40
Sand and gravel	69.00–172.50	10,000–25,000	0.15–0.35
Soft clay	4.1–20.7	600–3000	0.20–0.50
Medium clay	20.7–41.4	3000–6000	
Stiff clay	41.4–96.6	6000–14,000	

- Untuk lapisan 1 (kedalaman 0 s.d. -30 m), berjenis lempung lanau, dengan konsistensi soft, dan nilai N-SPT = 3 diperoleh hasil sebagai berikut :

$$E_s = 20700 \text{ kN/m}^2 \quad \mu = 0,2$$

- Untuk lapisan 2 (kedalaman -30 s.d. -40 m), berjenis lempung lanau, dengan konsistensi medium, dan nilai N-SPT = 12 diperoleh hasil sebagai berikut :

$$E_s = 41400 \text{ kN/m}^2 \quad \mu = 0,2$$

- Untuk lapisan 3 (kedalaman -40 s.d. -80 m), berjenis lempung lanau, dengan konsistensi stiff, dan nilai N-SPT = 20 diperoleh hasil sebagai berikut :

$$E_s = 96600 \text{ kN/m}^2 \quad \mu = 0,2$$

**Tabel 4. 8.** Kesimpulan Data Parameter Tanah

Lapis	Tipe Tanah	Konsistensi	Kedalaman (m)	N-SPT	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{dry}$ (kN/m <sup>3</sup> )	Cu (kN/m <sup>2</sup> )	C' (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Es (mN/m <sup>2</sup> )	$\nu$
1	Silty Clay	Soft	0-30	3	17	14,03	11,059	15,00	10	20	20,7	0,2
2	Silty Clay	Medium	30-40	12	17,33	14,28	11,235	60	40,00	26,667	41,4	0,2
3	Silty Clay	Stiff	40-80	20	17,78	15,06	12,333	100,00	66,67	26,667	96,6	0,2

## 4.2. Perencanaan Panjang Dinding

Dalam perencanaan kali ini, perhitungan kedalaman dinding dilakukan dengan menggunakan konsep *push in*. Metode yang digunakan pada analisa *push in* adalah metode *free earth support* dengan memodelkan dinding di bawah posisi *strut* terbawah sebagai *free body* dan melakukan analisa kesetimbangan gaya, seperti yang telah dibahas pada Sub bab 2.3.

Dalam perhitungan kedalaman dinding, terdapat langkah – langkah perhitungan yang perlu dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Perhitungan  $K_a$  dan  $K_p$
2. Perhitungan Tegangan Horizontal ( $\sigma_h$ )
3. Perhitungan Gaya Horizontal (P)
4. Analisa Kesetimbangan Gaya
5. Panjang Total Dinding
6. Kontrol *Heaving* / *Hidrodynamic*

### 4.2.1. Perhitungan $K_a$ dan $K_p$

Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.6.) dan (2.10) yaitu:

- Lapis 1,  $\phi = 20^\circ$

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2 (45^\circ - \phi/2) \\&= \tan^2 (45^\circ - 20/2) = 0,49 \\K_p &= \tan^2 (45^\circ + \phi/2) \\&= \tan^2 (45^\circ + 20/2) = 2,04\end{aligned}$$

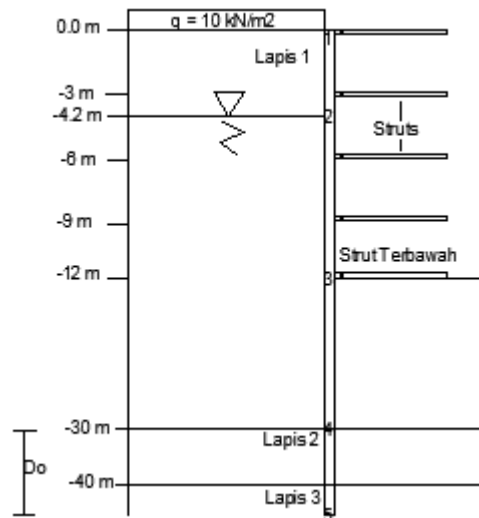
Hasil dari perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan koefisien tekanan tanah pasif tiap lapisan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4. 9.** Rekapitulasi Perhitungan  $K_a$  dan  $K_p$ 

Lapis	Tipe Tanah	Kedalaman (m)	$\phi$ (o)	$K_a$	$K_p$
1	SILTY CLAY	0-30	20	0,4903	2,0396
2	SILTY CLAY	30-40	26,67	0,3805	2,6284
3	SILTY CLAY	40-80	26,67	0,3804	2,6285

**4.2.2. Perhitungan Tegangan Horizontal ( $\sigma_h$ )**

Pada perhitungan tegangan horizontal ( $\sigma_h$ ) kali ini akan dilakukan analisa per titik sesuai pada Gambar 4.3. Asumsi kedalaman pancang ( $D_o$ ) berada dibawah -30m. Analisa tegangan akan diuraikan berdasarkan jenis beban nya, yaitu tegangan akibat beban tanah (*overburden pressure*), akibat beban air tanah (*water pressure*), dan akibat beban diatas tanah (*surcharge*).

**Gambar 4. 3.** Sketsa Perhitungan Tegangan Horizontal

### A. Tegangan akibat beban tanah (*overburden pressure*)

Berikut adalah contoh perhitungan untuk mencari nilai  $\sigma_h$  akibat beban tanah, rekap hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

#### a. Tekanan Tanah Aktif :

##### - Titik 1 :

$$\sigma_{va1} = \gamma' \times h_1 = 7,1 \times 0 = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ha1} &= \sigma_{v1} \times K_a - 2 C' \sqrt{K_a} \\ &= 0 \times 0,49 - 2 \times 10 \times \sqrt{0,49} \\ &= -14,004 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### - Titik 2 :

$$\begin{aligned}\sigma_{va2} &= \sigma_{v1} + \gamma' \times h_2 \\ &= 0 + 7 \times 4,2 = 29,4 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ha2} &= \sigma_{v2} \times K_a - 2 C' \sqrt{K_a} \\ &= 29,4 \times 0,49 - 2 \times 10 \times \sqrt{0,49} \\ &= 0,41 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

#### b. Tekanan Tanah Pasif :

##### - Titik 3 :

$$\sigma_{vp3} = 0$$

$$\begin{aligned}\sigma_{hp3} &= \sigma_{v5} \times K_p + 2 C' \sqrt{K_p} \\ &= 0 \times 2,04 + 2 \times 10 \times \sqrt{2,04} \\ &= 28,563 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### - Titik 4 :

$$\begin{aligned}\sigma_{vp4} &= \sigma_{v5} + \gamma' \times h_3 \\ &= 0 + 7 \times 18 = 126 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{hp4} &= \sigma_{v6} \times K_p + 2 C' \sqrt{K_p} \\ &= 126 \times 2,04 + 2 \times 10 \times \sqrt{2,04} \\ &= 285,553 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

**Tabel 4. 10.** Rekapitulasi Perhitungan  $\sigma_h$  Akibat Beban Tanah

Aktif							
Titik	Elevasi (m)	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	Tebal Tanah (m)	$K_a$	$C'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )
1	0	7	0	0,49	10,00	0	-14,004
2	-4,2	7	4,2	0,49	10,00	29,4	0,410
3	-12	7	7,8	0,49	10,00	84	27,180
4	-30	7	18	0,49	10,00	210	88,957
5	Do	7,33	Do	0,38	40,00	210+7,3Do	30,55 + 2,79 Do
Pasif							
Titik	Elevasi (m)	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	Tebal Tanah (m)	$K_p$	$C'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )
3	-12	7	0	2,04	10,00	0	28,563
4	-30	7	18	2,04	10,00	126	285,553
5	Do	7,33	Do	2,63	40,00	126+7,3Do	460,88 + 19,27 Do

### B. Tegangan akibat beban air tanah (*water pressure*)

Berikut adalah contoh perhitungan untuk mencari nilai  $\sigma_h$  akibat beban air tanah, rekap hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.11.

a. Tekanan Air Aktif :

- Titik 3 :

$$\begin{aligned}\sigma_{hwa3} &= \sigma_{hwa2} + \gamma_w \times h_3 \\ &= 0 + 10 \times 7,8 = 78 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

a. Tekanan Air Pasif :

- Titik 4 :

$$\begin{aligned}\sigma_{hwp4} &= \sigma_{hwp3} + \gamma_w \times h_4 \\ &= 0 + 10 \times 18 = 180 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

**Tabel 4. 11.** Perhitungan  $\sigma_h$  Akibat Beban Air

Aktif				
Titik	Elevasi (m)	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	Tebal Tanah (m)	$\sigma_h$ air (kN/m <sup>2</sup> )
2	-4,2	10	0	0
3	-12	10	7,8	78
4	-30	10	18	258
5	Do	10	Do	258+10Do
Pasif				
Titik	Elevasi (m)	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	Tebal Tanah (m)	$\sigma_h$ air (kN/m <sup>2</sup> )
3	-12	10	0	0
4	-30	10	18	180
4	Do	10	Do	180+10Do

**C. Tegangan akibat beban diatas tanah (*surcharge*)**

Pada perencanaan kali ini, beban yang terdapat diatas tanah adalah beban lalu lintas Jl.H. Fachruddin yang diasumsikan sebesar  $q = 10 \text{ kN/m}^2$ . Maka besar  $\sigma_{hq}$  dapat dihitung dengan cara seperti berikut :

$$\begin{aligned}\sigma_{hq} &= q \times K_a \\ &= 10 \times 0,49 = 4,9 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Besar  $\sigma_{hq}$  untuk tiap titik adalah sama.

Selanjutnya dijumlahkan nilai tegangan akibat beban tanah (*overburden pressure*), akibat beban air tanah (*water pressure*), dan akibat beban diatas tanah (*surcharge*) sehingga didapatkan nilai tegangan horizontal total. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.12. berikut.

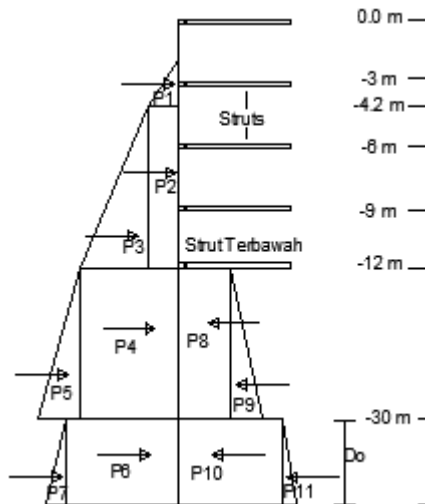


**Tabel 4. 12.** Hasil Perhitungan Tegangan Horizontal Total

Aktif					
Titik	Elevasi (m)	$\sigma_h$ tanah (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ air (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ q (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ total (kN/m <sup>2</sup> )
1	0	-14,004	0	4,90	-9,101
2	-4,2	0,410	0	4,90	5,313
3	-12	27,180	78	4,90	110,083
4	-30	88,957	258	4,90	351,860
5	Do	$30,55 + 2,79 \text{ Do}$	$258 + 10 \text{ Do}$	4,90	$293,45 + 12,79 \text{ Do}$
Pasif					
Titik	Elevasi (m)	$\sigma_h$ tanah (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ air (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ q (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ total (kN/m <sup>2</sup> )
3	-12	28,563	0	0	28,563
4	-30	285,553	180	0	465,553
5	Do	$460,88 + 19,27 \text{ Do}$	$180 + 10 \text{ Do}$	0	$640,88 + 29,27 \text{ Do}$

#### 4.2.3. Perhitungan Gaya Horizontal (P)

Setelah didapatkan nilai Tegangan Horizontal pada setiap titik, selanjutnya dibuat diagram tegangan untuk mempermudah dalam menghitung gaya horizontal. Diagram tegangan horizontal dapat dilihat pada Gambar 4.4.

**Gambar 4. 4.** Diagram Tegangan Horizontal

Gaya Horizontal (P) dapat dicari dengan cara menghitung luasan pada diagram tegangan. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.13. Berikut adalah contoh perhitungan gaya horizontal :

$$P1 = \sigma_{ha2} \times h_2/2$$

$$= 5,31 \times 3,4/2 = 9,04 \text{ kN}$$

$$P2 = \sigma_{ha2} \times h_3$$

$$= 5,31 \times 7,8 = 41,44 \text{ kN}$$

$$P11 = \sigma_{hp5} \times Do/2$$

$$= 29,27 \text{ Do} \times Do/2 = 14,635 \text{ Do}^2 \text{ kN}$$

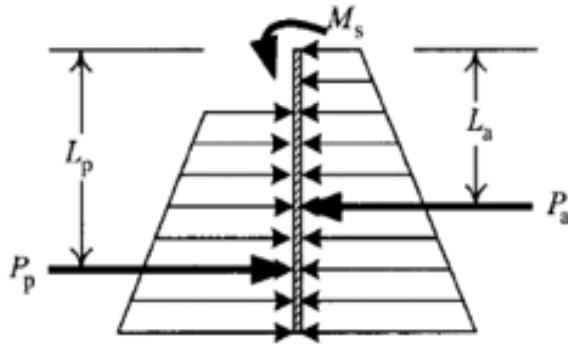
**Tabel 4. 13.** Hasil Perhitungan Gaya Horizontal

Nama Gaya	$\sigma_h$ total (kN/m <sup>2</sup> )	Tebal Tanah (m)	Besar Gaya (kN)
P1	5,31	3,4	9,04
P2	5,31	7,8	41,44
P3	104,77	7,8	408,60
P4	110,08	18	1981,50
P5	241,78	18	2175,99
P6	293,45	Do	293,45 Do
P7	12,79 Do	Do	6,4 Do <sup>2</sup>
P8	28,563	18	514,13
P9	436,99	18	3932,91
P10	640,88	Do	640,88 Do
P11	29,27 Do	Do	14,635 Do <sup>2</sup>

#### 4.2.4. Analisa Kesetimbangan Gaya

Selanjutnya dilakukan analisa kesetimbangan pada gaya – gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah. Dalam perencanaan kali in gaya- gaya yang diperhitungkan hanyalah gaya – gaya yang berada dibawah pengaku (*strut*) terbawah seperti terlihat pada Gambar 4.4, yaitu gaya P4 sampai P11. Hal ini disebabkan karena gaya P1 sampai P3 dianggap sudah

tertahan oleh *strut* (pelat lantai *basement*) maka tidak ikut diperhitungkan.



**Gambar 2.2. (b)** Kesetimbangan Gaya Dinding  
Penahan Tanah sebagai *free body*

Momen yang terjadi adalah gaya horizontal (P) dikali dengan jarak antara titik tangkap bidang ke titik strut terbawah seperti terlihat pada Gambar 2.2.(b). Hasil perhitungan momen akibat gaya horizontal (P) dapat dilihat pada Tabel 4.14 Berikut adalah contoh perhitungan momen akibat gaya horizontal (P) :

$$\begin{aligned}
 \text{MP4} &= P_4 \times \frac{1}{2} h_4 \\
 &= 2314 \times 9 = 20829,3 \text{ kNm} \\
 \text{MP5} &= P_5 \times \frac{2}{3} h_4 \\
 &= 2473,97 \times 12 = 29687,6 \text{ kNm} \\
 \text{MP6} &= P_6 \times (h_4 + \frac{1}{2} D_o) \\
 &= 333,08 D_o \times (18 + \frac{1}{2} D_o) \\
 &= 5995,26 D_o + 166,54 D_o^2 \text{ kNm} \\
 \text{MP11} &= P_{11} \times (h_4 + \frac{2}{3} D_o) \\
 &= 14,635 D_o^2 \times (18 + \frac{2}{3} D_o) \\
 &= 263,43 D_o^2 + 9,756 D_o^3 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 14.** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen

Nama Gaya	Besar Gaya (kN)	Jarak ke strut terbawah (m)	Besar Momen (kNm)
MP4	1981,50	9	17833,47
MP5	2175,99	12	26111,87
MP6	293,45 Do	$18+1/2Do$	$5282,1 Do + 146,725 Do^2$
MP7	$6,4 Do^2$	$18+2/3Do$	$115,11 Do^2 + 4,26 Do^3$
MP8	514,13	9	4627,20
MP9	3932,91	12	47194,97
MP10	640,88 Do	$18+1/2Do$	$11535,84 Do + 320,44 Do^2$
MP11	$14,635 Do^2$	$18+2/3Do$	$263,43 Do^2 + 9,756 Do^3$

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisa kesetimbangan gaya untuk mendapatkan persamaan momen sebagai berikut :

$$0 = \Sigma MP_{\text{aktif}} - \Sigma MP_{\text{pasif}}$$

$$0 = (MP4+MP5+MP6+MP7)-(MP8+MP9+MP10+MP11)$$

$$0 = (4,263 Do^3 + 261,835 Do^2 + 5282,1 Do + 43945,35) - (9,756 Do^3 + 583,87 Do^2 + 11535,84 Do + 51822,168)$$

$$0 = -5,493 Do^3 -322,035 Do^2 -6253,74 Do -7876,82$$

#### 4.2.5. Kedalaman Dinding Penahan Tanah

Setelah mendapatkan persamaan momen dari tahap sebelumnya, dengan menggunakan rumus fungsi *goal seek* pada Ms.Excel maka dapat diperoleh harga Do sebesar 3,29 m. Setelah didapatkan nilai Do maka dapat dicari kedalaman penetrasi dinding (D), yaitu dengan menambahkan Do dengan kedalaman dinding dibawah tanah yaitu sebesar 18 m kemudian dikali dengan Faktor Keamanan (SF) sebesar 1,2.

$$D = SF \times (Do+18) = 1,2 \times 21,29 = 25,55 \text{ m}$$

Didapat kedalaman penetrasi dinding sedalam 26 m.

Panjang total dinding adalah jumlah dari kedalaman galian (H) dengan kedalaman penetrasi dinding (D).

$$H + D = 12 + 26 = 38 \text{ m}$$

Kesimpulannya panjang total dinding penahan tanah yang dibutuhkan untuk menahan tekanan tanah adalah sepanjang 38 m.

#### 4.2.6. Kontrol *Heaving* / *Hidrodynamic*

Kedalaman penurapan ( $D_c$ ) harus cukup untuk mengatasi gejala *hidrodynamic* yang dapat mengganggu kestabilan dinding dan lubang galian tanah dapat dihitung dengan mengontrol rasio antara nilai gradien hidrolis ( $i$ ) dengan gradien hidro kritis ( $i_w$ ).

$$\begin{aligned} i \times SF &< i_w \\ \frac{\Delta h}{D_c} \times 1,2 &< \frac{\gamma'}{\gamma_w} \end{aligned} \quad (2.21)$$

Dimana,

$\Delta h$  = Selisih antara dasar galian dengan kedalaman muka air tanah (m) =  $12 - 4,2 = 7,8$  m

$\gamma' = 7,37 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \frac{7,8}{D_c} \times 1,2 &< \frac{7,37}{10} \\ 9,36 &< 0,737 D_c \end{aligned}$$

Kedalaman Penurapan ( $D_c$ )  $> 12,7$  m

D (26 m)  $> D_c$  (12,7 m) ... (OK)

Maka panjang dinding penahan tanah sudah cukup untuk menahan rembesan (*heaving*) yang terjadi.

#### 4.3. Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Perencanaan Dinding Penahan tanah yang dimaksud adalah perencanaan secara rinci untuk setiap jenis dinding penahan tanah yang dibandingkan, yang terdiri dari *preliminary design*, analisa stabilitas dinding, perhitungan penulangan, kontrol terhadap *uplift*, metode pelaksanaan dan rencana anggaran biaya.

##### 4.3.1. Perencanaan *Diaphragm Wall*

Pada Sub bab ini akan dilakukan perencanaan dinding penahan tanah dengan jenis *Diaphragm Wall*. *Output* dari Sub bab ini adalah nilai defleksi maksimum, kebutuhan tulangan

dinding, metode pelaksanaan, rencana anggaran biaya (RAB) berdasarkan jumlah material yang terjadi dan kontrol *Uplift* untuk *diaphragm wall*. Masing – masing *item* dari *output* ini nantinya akan dibandingkan dengan jenis dinding penahan tanah lainnya kemudian dipilih satu jenis dinding penahan tanah yang akan dipakai sebagai kesimpulan dari tugas akhir ini.

### **A. Preliminary design**

Sebelum melakukan perhitungan, dilakukan analisa terlebih dahulu mengenai data apa saja yang diperlukan, seperti data tanah dan parameter – parameter tanah yang dibutuhkan. Selain itu dilakukan juga perencanaan awal / *preliminary design* guna mempermudah perencanaan.

#### **a. Data tanah**

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan merupakan data tanah yang terdapat pada Tabel 4.8.

#### **b. Diaphragm Wall**

Dari perhitungan pada sub bab sebelumnya telah didapatkan panjang dinding penahan tanah sedalam 38 m. Kemudian dilakukan perencanaan awal / *preliminary design* untuk parameter – parameter lainnya sebagai berikut :

Tebal <i>Diaphragm Wall</i>	= 0,6 m
Luas Penampang (A)	= 0,6 m <sup>2</sup>
Inersia Penampang (I)	= 0,018 m <sup>4</sup>
Mutu Beton (fc')	= 50 MPa
Mutu Baja (fy)	= 410 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f'c'}$ = 33234018,72 kN/m <sup>2</sup>
EA	= 29946370,11
EI	= 898391,1032
Berat Dinding (W)	= 14,4 kN/m

### c. Pengaku lateral

Pada perencanaan kali ini, Pengaku Lateral yang dimaksud adalah pelat lantai *basement* dan raft pondasi yang selain berfungsi untuk lantai gedung juga berfungsi untuk menahan tekanan lateral yang terjadi pada dinding *basement*. Berikut adalah *preliminary design* nya :

- Pelat Lantai *Basement* :

Tebal	= 0,3 m
Luas Penampang	= 0,3 m <sup>2</sup>
Panjang Bentang	= 5 m
Mutu Beton	= 50 MPa
Mutu Baja	= 410 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$ = 33234018,72 kN/m <sup>2</sup>
EA	= 14973185,05

- Raft Pondasi *Basement* :

Tebal	= 1 m
Luas Penampang	= 1 m <sup>2</sup>
Panjang Bentang	= 5 m
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$ = 49910616,84 kN/m <sup>2</sup>
EA	= 49910616,84

### d. Pembebanan

Beban – beban yang terjadi pada perencanaan kali ini adalah beban mati dari struktur *diaphragm wall* itu sendiri dan beban hidup yang terdiri dari beban akibat tanah, air, dan beban diatas tanah (*surcharge*).

- Beban diatas Tanah (*surcharge*):




Beban Jalan Raya (q)	= 10 kN/m <sup>2</sup>
Lebar Jalan	= 15 m
Jarak ke Dinding	= 15 m

## B. Analisa stabilitas


Analisa stabilitas dinding dilakukan untuk mengetahui apakah suatu struktur dinding penahan tanah sudah memenuhi syarat yang berlaku atau belum. Pada perencanaan kali ini, dilakukan analisa stabilitas dinding dengan menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2. Berikut adalah langkah – langkah pengoperasian program bantu PLAXIS V.8.2 :


### a. *Input* atau Masukan

Secara garis besar, langkah – langkah yang dilakukan dalam input plaxis adalah membuat geometri lapisan tanah dan struktur, mendefinisikan material – material yang diperlukan, lalu meng-generasi tekanan yang terjadi. Untuk lebih lengkapnya akan dijelaskan pada langkah – langkah dibawah ini :

- Buka aplikasi Plaxis V.8.2.
- Pilih *new project*
- Pada tab *Project* bagian *General*, pilih Model *Plane Strain* dan Element *15-Node*.
- Pada tab *Dimensions* bagian *Units*, atur satuan yang akan dipakai (pada tugas akhir ini menggunakan satuan kN/m/day).
- Pada tab *Dimensions* bagian *Geometry Dimensions* masukan ukuran ruang kerja yang dibutuhkan (pada tugas akhir ini menggunakan ukuran 100 x 100 m). Klik *OK*.
- Selanjutnya adalah membuat geometri tanah dengan menggunakan alat *Geometry Line*  dengan cara menarik garis berdasarkan koordinat (x,y) sesuai dengan kondisi lapisan tanah yang ada di lapangan.
- Langkah berikutnya adalah membuat konstruksi yang ingin ditinjau menggunakan alat *Plate* , dengan cara menarik garis berdasarkan koordinat (x,y) sesuai dengan kondisi konstruksi yang diinginkan.
- Berikutnya adalah memasukan beban hidup, dengan menggunakan alat *Distributed Load* , tarik garis sebesar lebar beban hidup yang terjadi, kemudian pilih objek



menggunakan alat *Selection* , lalu masukan besaran beban hidup (pada tugas akhir ini beban hidup ( $q$ ) sebesar  $10 \text{ kN/m}^2$ ).

- Selanjutnya adalah menambahkan *Interfaces* pada dinding penahan tanah, dengan menggunakan alat *Interfaces*  tarik garis interface mulai dari ujung atas sampai dengan ujung bawah dinding lalu kembali lagi ke ujung atas.

- Langkah selanjutnya adalah memasukkan parameter tanah tiap lapis kedalam program Plaxis V.8.2. yaitu terdapat pada tab *Materials* bagian *Soil & Interfaces*.

- Klik *New* lalu pada tab *General* bagian *Material Set* Masukan Nama, Model, dan Tipe dari lapisan tanah (pada tugas akhir ini dipilih kalkulasi menggunakan Model *Mohr-Coulomb* dan Tipe *UnDrained* untuk tanah lempung).

- Pada bagian *General Properties* masukan nilai  $\gamma_{\text{sat}}$  dan  $\gamma_{\text{unsat}}$  untuk lapisan tanah yang dimasukan sesuai dengan parameter tanah yang ada.


- Pada bagian *Permeability* masukan nilai kecepatan permeabilitas tanah (pada tugas akhir ini nilai kecepatan permeabilitas untuk tanah lempung adalah sebesar  $1 \text{ mm/hari}$ ).

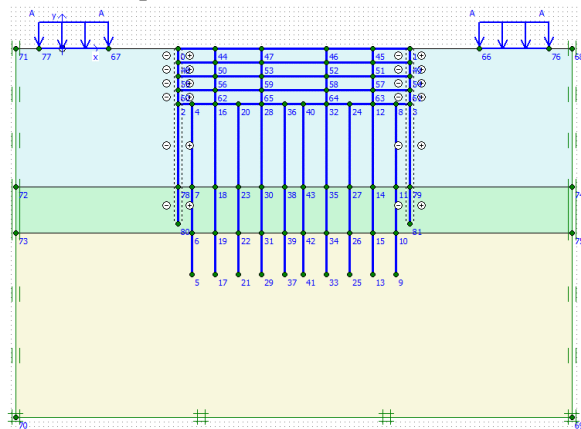
- Selanjutnya pada tab *Parameters* bagian *Stiffness* masukan nilai Modulus Elastisitas tanah dan *Poisson's Ratio* tanah dari data parameter tanah yang ada (pada tugas akhir ini nilai  $E_s = 25000 \text{ kN/m}^2$  dan  $\mu = 0,2$  untuk tanah lapis 1).

- Pada bagian *Strength* masukan nilai Kohesi dan Sudut geser tanah, dan Dilatansi (pada tugas akhir ini nilai  $C' = 11,67 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi = 8,5^\circ$  untuk tanah lapis 1, sedangkan untuk dilatansi diisi 0). Sementara pada bagian *Alternatives* dan *Velocities* dibiarkan *default* saja.


- Pada tab *Interfaces* bagian *Strength* masukan nilai *Real Interface* ( $R_{\text{inter}}$ ) sebesar 0,9, sementara untuk bagian *Real Interface Thickness* dibiarkan *default* saja.

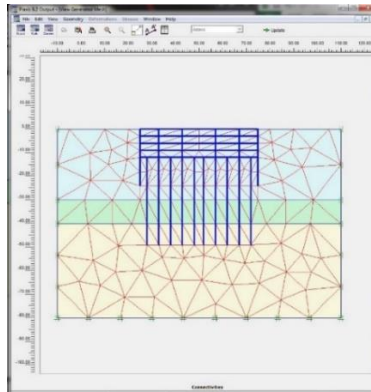
- Ulangi langkah diatas untuk setiap lapisan tanah yang akan di definisikan.

- Langkah selanjutnya adalah memasukan parameter untuk material dinding penahan tanah serta pengaku lateral tambahan. Terdapat pada tab *material* bagian *Plates*.
- Klik *New* untuk memulai, pada bagian material set masukan nama dan tipe material yang ingin didefinisikan (pada tugas akhir ini digunakan tipe material *Elastic*)
- Selanjutnya pada bagian *Properties* masukan nilai EA, EI, w, dan  $\mu$  sesuai dengan data perencanaan. Sedangkan untuk nilai *Rayleigh* dibiarkan *default* saja.
- Ulangi langkah diatas untuk setiap jenis struktur yang akan didefinisikan.
- Setelah semua material di definisikan, tekan dan tahan tiap jenis material kemudian tarik ke geometri pada ruang kerja sesuai dengan jenis material yang dipilih tadi.
- Setelah itu definisikan kekakuan pada setiap ujung ruang kerja dengan memilih alat *Standard Fixities* . Lakukan hingga terlihat seperti Gambar 4.5. berikut.




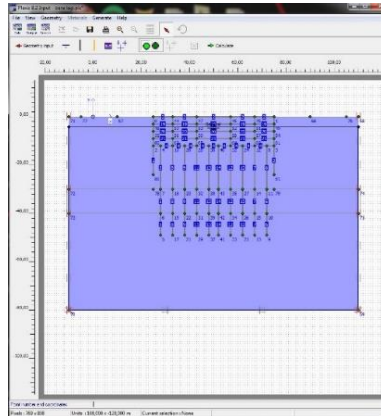
**Gambar 4. 5.** Geometri Input Pada Program Plaxis V.8.2

- Tahap selanjutnya adalah *Generate Mesh* dengan menggunakan alat . Kemudian klik *OK* untuk melanjutkan sehingga muncul jendela seperti Gambar 4.6. Lalu klik *Update* untuk kembali ke ruang kerja.




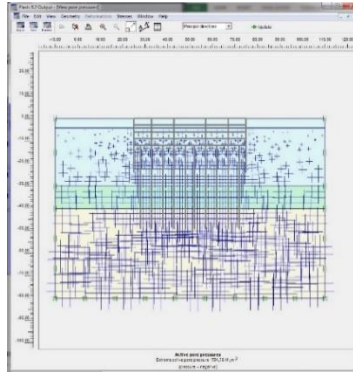
**Gambar 4. 6. Generate Mesh**

- Selanjutnya klik *Initial Condition* ➡ *Initial conditions*, lalu masukan elevasi MAT dengan menggunakan alat *Phreatic Level* , tarik garis dari ujung kiri ruang kerja (sesuai dengan elevasi MAT) hingga ujung kanan. Seperti terlihat pada Gambar 4.7.





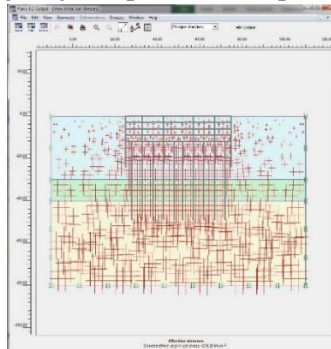
**Gambar 4. 7. Initial Condition**

- Selanjutnya klik *generate water pressure* , kemudian klik *OK*, lalu klik *Update* untuk kembali ke ruang kerja. Seperti terlihat pada Gambar 4.8.




**Gambar 4. 8.** *Generate Water Pressure*

- Selanjutnya klik *initial pore pressures* , lalu klik *Generate Initial Stresses* . Kemudian atur  $\Sigma M$ -weight sebesar 1,00, lalu klik *OK*, kemudian klik *Update* untuk kembali ke ruang kerja. Seperti terlihat pada Gambar 4.9.






**Gambar 4. 9.** *Initial Stress Generation*



- Setelah semua *pressures* ter-generate, selanjutnya klik *Calculate*  *Calculate* untuk masuk ke tahap kalkulasi. Setelah ini program akan meminta untuk *save file*, klik *yes*, lalu simpan pada *directory* yang diinginkan.

#### **b. Calculation atau Kalkulasi**

Pada langkah kalkulasi ini terdapat beberapa fase perhitungan yang perlu didefinisikan. Setiap fase kalkulasi ini

merepresentasikan tahapan – tahapan pekerjaan pada kondisi sesungguhnya. Pada tugas akhir ini metode konstruksi yang digunakan adalah *Top Down Construction* sehingga urutan pekerjaannya dimulai dari pengecoran pelat lantai kemudian dilanjutkan oleh pekerjaan galian bertahap hingga pengecoran raft pondasi. Untuk pemodelan fase kalkulasinya akan dijelaskan pada langkah – langkah dibawah ini :

- Klik *next*  *Next* , untuk memulai fase kalkulasi baru. Pada tab *General* masukan nama fase dan predesesor dari fase tersebut. Pada tab *calculation type* pilih *Plastic*. (pada tugas akhir ini fase kalkulasi dimulai dari instalasi dinding penahan tanah dan beban hidup)
- Pada tab *Parameters* bagian loading input pilih alat *define*  untuk masuk kedalam ruang kerja.
- Pada ruang kerja pilih beban hidup, dinding penahan tanah, dan pondasi tiang sampai warnanya berubah dari abu-abu menjadi biru. Klik *Update* untuk kembali ke jendela sebelumnya.
- Klik *next* untuk melanjutkan ke fase selanjutnya yaitu pengecoran pelat lantai.
- Selanjutnya lakukan define untuk masuk kedalam ruang kerja. Pilih struktur pelat lantai paling atas hingga warnanya menjadi biru. Klik *Update* untuk kembali ke jendela sebelumnya.
- Klik *next* untuk melanjutkan ke fase selanjutnya yaitu galian bertahap.
- Selanjutnya lakukan define untuk masuk kedalam ruang kerja. Pilih lapisan tanah yang akan digali hingga warnanya berubah menjadi putih. Klik alat Water Pressure  , untuk menghilangkan tekanan air pada lapisan tanah yang digali dengan cara klik kanan pada tanah yang digali, kemudian pilih *cluster dry*, lalu klik *OK*. Kemudian klik *update*.
- Ulangi langkah diatas sampai pada tahap pekerjaan terakhir yaitu pengecoran raft pondasi.


- Selanjutnya klik next untuk menambahkan fase baru untuk mendapatkan nilai *Safety Factor* (SF), yaitu dengan cara merubah *calculation type* ke *Phi/c reduction*.
- Selanjutnya pilih alat *Select point for curves*  lalu tentukan satu titik tinjau kemudian klik *Update*. Lakukan sehingga terlihat seperti Gambar 4.10.
- Klik alat *Calculate* , untuk memulai proses kalkulasi.


Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input
Initial phase	0	0	N/A	N/A
➔ Install Wall	1	0	Plastic	Staged construction
➔ Galian 1	2	1	Plastic	Staged construction
➔ Cor pelat lantai	3	2	Plastic	Staged construction
➔ Galian 2	4	3	Plastic	Staged construction
➔ cor pelat lantai	5	4	Plastic	Staged construction
➔ Galian 3	6	5	Plastic	Staged construction
➔ Cor pelat lantai	7	6	Plastic	Staged construction
➔ Galian 4	8	7	Plastic	Staged construction
➔ cor raft pon...	9	8	Plastic	Staged construction
➔ SF	10	9	Phi/c reduction	Incremental multipliers

**Gambar 4. 10.** Langkah – Langkah Kalkulasi Pada Program Plaxis V.8.2

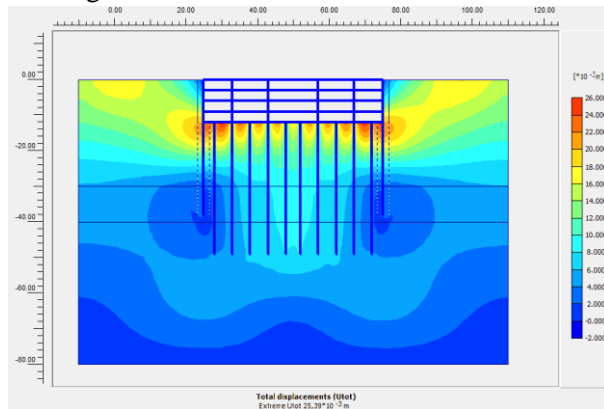
### c. Output atau Keluaran

Nilai *Safety Factor* (SF) terdapat pada tab *Multipliers* bagian *Total Multipliers*. Disana terdapat nilai  $\sum M_{sf}$  yang merupakan nilai *Safety Factor* (SF) dari SF dari keseluruhan konstruksi *basement*.

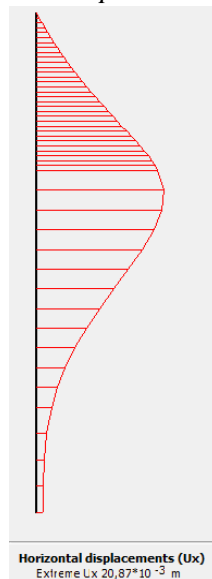
Untuk melihat *Deformed Mesh*, *Total Displacement*, dan resultan gaya – gaya yang terjadi dapat dilihat pada jendela *output* yang dapat diakses dengan cara mengklik tombol *output* .

Untuk melihat deformasi/defleksi/gaya dinding penahan tanah secara detail, dapat diklik dua kali pada dinding penahan tanah yang akan ditinjau. Kemudian jika ingin melihat deformasi/defleksi/gaya per kedalaman dapat diakses menggunakan alat *Table* .

Hasil keluaran untuk analisa stabilitas *diaphragm wall* adalah sebagai berikut :



**Gambar 4. 11.** *Total Displacement Diaphragm Wall*



**Gambar 4. 12.** *Defleksi Maksimum Diaphragm Wall*

Kesimpulan dari analisa stabilitas dinding *diaphragm wall* menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2 adalah :

Defleksi Maksimum = 20,87 mm

Nilai Defleksi Maksimum < Defleksi ijin (1 inci) ... (OK)

Maka, *preliminary design* dari *Diaphragm Wall* ini dapat digunakan sebagai perencanaan.

### C. Perhitungan penulangan

Pada perencanaan kali ini, dilakukan perhitungan kebutuhan penulangan *Diaphragm Wall* menggunakan metode LRFD. Langkah perhitungan nya adalah sebagai berikut :

#### a. Perhitungan nilai $M_R$

Diketahui :

Mutu Beton ( $f'_c$ ) = 50 MPa

Mutu Baja ( $f_y$ ) = 410 MPa

- Mencari nilai  $\beta_1$  :

Untuk  $f'_c \geq 28$  MPa digunakan persamaan dibawah ini :

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 ( f'_c - 280 / 70 ) \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,692857143 \geq 0,65$$

- Mencari nilai  $\rho_b$  dan  $\rho_{\max}$  :

$$\rho_b = (0,85 f'_c / f_y ) \beta_1 ( 6120 / (6120 + f_y) )$$

$$\rho_b = 0,043008005$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,032256004$$

- Menghitung Nilai  $M_R$  :

$$M_R = (1/\phi) \rho_{\max} f_y (1 - 0,59 (\rho_{\max} f_y / f'_c)) b d^2$$

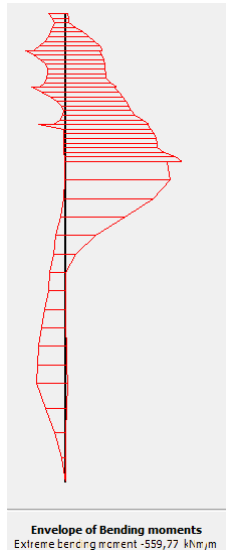
$$M_R = 15835186178 \text{ Nmm}$$

#### b. Tulangan vertikal

Penulangan vertikal direncanakan untuk menahan *bending moment* yang terjadi pada dinding. Sebelum menghitung penulangan terlebih dahulu dicari nilai  $M_u$  untuk menentukan persamaan mana yang akan digunakan dalam perhitungan. Nilai  $M_u$  didapat menggunakan bantuan program PLAXIS



V.8.2. Nilai Momen Maksimum pada *Diaphragm Wall* dapat dilihat pada Gambar 4.13. berikut.



**Gambar 4. 13.** Momen Maksimum *Diaphragm Wall*

$$M_u = 5600000000 \text{ Nmm}$$

$$M_R = 3562836282 \text{ Nmm}$$

Didapatkan bahwa  $M_u \leq \phi M_R$ , sehingga tidak diperlukan tulangan tekan.

- Menentukan Rasio Kekuatan Material ( $m$ ):

$$m = f_y / 0,85 f'_c = 9,647058824$$

- Menentukan Rasio Penulangan

$$\rho = 1/m (1 - \sqrt{1 - (2 m M_n / f_y b d^2)})$$

$$= 0,004868497$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 0,003414634$$

dipakai  $\rho$

- Menentukan luas tulangan yang dibutuhkan ( $A_s$ ):

$$A_s = \rho b d = 2609,514555 \text{ mm}^2$$

- Mencari Jumlah Tulangan

Direncanakan menggunakan tulangan D28

Sehingga kebutuhan tulangan adalah :

$$As \text{ tulangan} = 615,44 \text{ mm}^2$$

$$As / As \text{ tulangan} = 4,240079545 \sim 5 \text{ Buah} / \text{m}$$

Maka digunakan tulangan D28 - 200 mm

### c. Tulangan horizontal

Tulangan horisontal diperlukan karena efek susut beton oleh temperatur. Pada mutu tulangan  $f_y < 4200 \text{ kg/cm}^2$ , maka perhitungannya sebagai berikut :

- Menentukan luas tulangan yang dibutuhkan (As):

$$Ag = 1000 \times 600 = 600000 \text{ mm}^2$$

$$As = 0,002 \times Ag = 1200 \text{ mm}^2$$

- Mencari Jumlah Tulangan

Direncanakan menggunakan tulangan D28

Kebutuhan tulangan adalah :

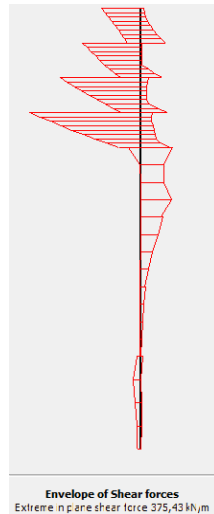
$$As \text{ tulangan} = 615,44 \text{ mm}^2$$

$$As / As \text{ tulangan} = 1,9 \sim 2 \text{ Buah (untuk 1 meter)}$$

Maka digunakan tulangan D28-500mm

### d. Tulangan geser

Dalam merencanakan tulangan geser, diperlukan nilai geser maksimum dari *diaphragm wall*. Nilai  $V_u$  didapat menggunakan bantuan program PLAXIS V.8.2. Nilai Geser Maksimum pada *Diaphragm Wall* dapat dilihat pada Gambar 4.14. berikut.



**Gambar 4. 14.** Geser Maksimum *Diaphragm Wall*

Nilai  $V_u$  yang didapatkan dari hasil analisa program PLAXIS V.8.2 adalah 375,43 kN. Jika nilai ini dibandingkan dengan nilai  $V_c = \phi 0,53 \sqrt{f'c b d} = 1807,87 \text{ kN}$ , maka tidak dibutuhkan tulangan geser karena nilai  $V_u < V_c$ .

Untuk gambar detail penulangan *diaphragm wall* dapat dilihat pada *Lampiran*.

#### **D. Kontrol uplift**

*Uplift* atau *buoyancy* adalah gaya tekanan air tanah keatas yang dapat mengakibatkan terangkatnya suatu struktur dalam tanah akibat pengaruh dari tekanan air keatas yang lebih besar daripada berat struktur tersebut. Pada perencanaannya, daya dukung tanah melawan gaya *uplift* ini adalah dari gesekan antara struktur tersebut dengan tanah yang ada disekitarnya ditambah dengan berat struktur itu sendiri.

Besar dari beban *buoyancy* adalah perbedaan tinggi muka air dikalikan dengan berat volume air, sehingga besar dari

yang mengangkat seluruh bagian *basement* adalah sebagai berikut:

$$F = (12 - 4,2)m \times 1 \text{ t/m}^3 = 7,8 \text{ t/m}^2$$

$$\sum F = 7,8 \text{ t/m}^2 \times 50 \text{ m (lebar basement)} = 390 \text{ t/m}$$

Jadi, beban *buoyancy* yang harus ditahan oleh struktur adalah sebesar 390 t/m.

Sementara itu besar gaya friksi dari Diaphragm Wall dapat dikalkulasikan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_u = (2LH + 2BH) \times C_u$$

$$Q_u = 210 \text{ t/m}$$

Kemudian untuk perhitungan gaya tahanan yang diakibatkan oleh berat struktur adalah dengan mengalikan volume / m' struktur dengan berat jenis beton sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\text{- Berat/m' Diaphragm Wall} = 172,8 \text{ t/m}$$

$$\text{- Berat/m' Tiang Pancang} = 923,16 \text{ t/m}$$

$$\text{- Berat/m' Pelat Lantai} = 96 \text{ t/m}$$

$$\text{- Berat/m' Raft Pondasi} = 180 \text{ t/m}$$

$$\text{- Berat/m' Total Struktur (W)} = 1371,96 \text{ t/m}$$

(Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada *Lampiran*)

Sehingga gaya penahan uplift ( $Q_{all}$ ) adalah gaya friksi ( $Q_u$ ) ditambah dengan berat struktur ( $W$ ) kemudian dibagi oleh Safety Factor ( $SF$ ) dimana pada tugas akhir ini digunakan nilai  $SF$  sebesar 3, menjadi :

$$Q_{all} = (Q_u + W) / SF$$

$$Q_{all} = 527,32 \text{ t/m}$$

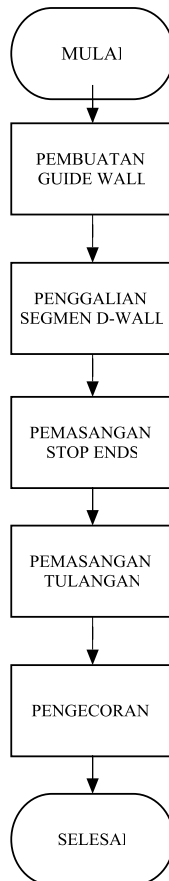
Kontrol Uplift :

$$\sum F = 390 \text{ t/m} < Q_{all} = 527,32 \text{ t/m} \dots (\text{OK})$$

### E. Metode pelaksanaan

Pada sub bab ini akan dilakukan analisa mengenai metode pelaksanaan konstruksi untuk *diaphragm wall*. Selain itu, pada sub bab ini juga membahas metode *dewatering* dan pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic* disekitarnya.

#### a. Metode pelaksanaan konstruksi



**Gambar 4. 15.** Bagan Alir Metode Pelaksanaan Konstruksi *Diaphragm Wall*

Metode pelaksanaan dari *Diaphragm Wall* meliputi:

1. Pembuatan *Guide Wall*

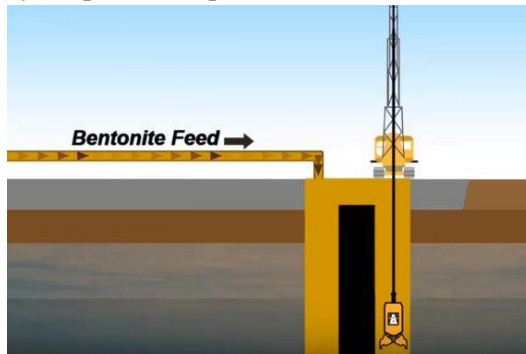
*Guide wall* adalah sebuah pembatas agar pekerjaan pembuatan diaphragm wall tetap rapi dan presisi. *Guide Wall* biasanya terbuat dari beton bertulang mutu rendah dan berukuran +/- 1 m. Contoh pekerjaan pembuatan *Guide Wall* dapat dilihat pada Gambar 4.16. berikut.



**Gambar 4. 16.** Pembuatan *Guide Wall*

2. Penggalian

Penggalian dilakukan menggunakan alat *vertical grabber*, seperti terlihat pada Gambar 4.18. Sambil melakukan pekerjaan galian, ditambahkan juga *slurry bentonite* untuk menjaga tanah disekitar galian supaya tidak longsor. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4.17.



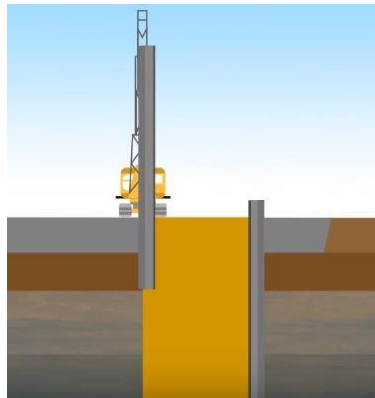
**Gambar 4. 17.** Proses Galian



**Gambar 4. 18.** Alat Galian *Vertical Grabber*

### 3. Pemasangan *Stop Ends* Karet

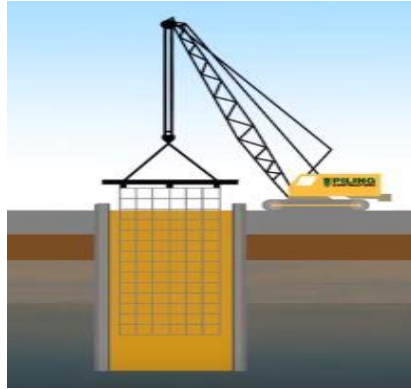
*Stop Ends* adalah sebuah pembatas yang diletakkan pada kedua ujung segmen galian *diaphragm wall*. Fungsi dari *stop ends* ini adalah untuk mencegah adanya kebocoran dari air tanah supaya tulangan tidak korosi. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4.19.



**Gambar 4. 19.** Pemasangan *Stop Ends* Karet

### 4. Pemasangan Tulangan

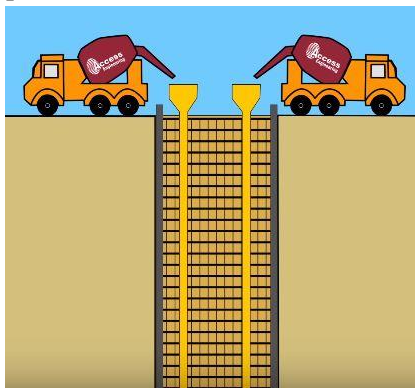
Setelah galian selesai, maka dilanjutkan oleh pemasangan tulangan. Tulangan pada *Diaphragm Wall* biasanya difabrikasi pada lokasi proyek, lalu kemudian diangkat menggunakan *crane* lalu dimasukkan kedalam galian. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4.20.



**Gambar 4. 20.** Pemasangan Tulangan

#### 5. Pengecoran beton

Pengecoran beton menggunakan pipa *tremie* (biasanya 2 buah supaya lebih efektif), beton ini juga nantinya akan membuat *slurry bentonite* naik ke permukaan. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4.21.



**Gambar 4. 21.** Pengecoran Beton.

#### **b. Metode *dewatering***

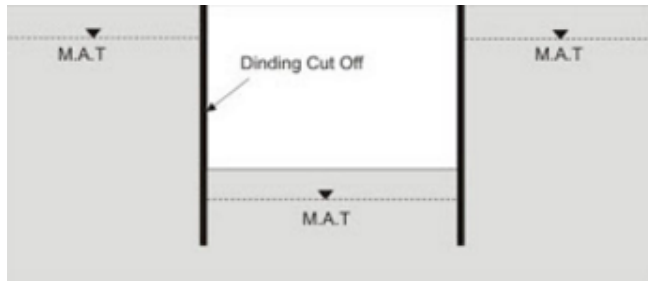
*Dewatering* adalah pekerjaan yang bertujuan untuk dapat mengendalikan air tanah agar tidak mengganggu/menghambat proses pelaksanaan suatu konstruksi, terutama



untuk pelaksanaan bagian struktur yang berada dibawah muka air tanah. Pekerjaan *dewatering* umumnya dilakukan sebelum pekerjaan konstruksi dimulai.

Pada perencanaan *diaphragm wall*, metode dewatering yang digunakan adalah metode *Cut Off*, karena jumlah air yang akan dibuang cukup besar debitnya dan tanah sekitar galian yang rentan akan longsor. Selain itu *diaphragm wall* juga dapat digunakan untuk dinding *Cut Off* karena mampu menahan rembesan air sehingga tidak diperlukan pekerjaan tambahan lagi.

Prinsip dari metode dewatering *Cut Off* ini adalah memotong aliran air tanah dengan suatu dinding pembatas sehingga daerah yang dikehendaki dapat terbebas dari air tanah. Ilustrasi metode dewatering *Cut Off* dapat dilihat pada Gambar 4.22.



**Gambar 4. 22.** Metode *Dewatering Cut Off*

### c. Pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic*

Dalam mempertimbangkan pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic*, parameter yang dapat digunakan adalah jumlah material yang dibutuhkan untuk membuat konstruksi dinding penahan tanah. Jumlah material yang semakin banyak dapat mengakibatkan kebutuhan akomodasi yang semakin banyak juga, sehingga menyebabkan volume kendaraan di JL.H Fachruddin meningkat dan akses menuju lokasi proyek pun turut terhambat.

Pada perencanaan *diaphragm wall* didapatkan jumlah volume beton yang diperlukan adalah sebesar  $5472 \text{ m}^3$  dan volume baja sebesar  $67,35 \text{ m}^3$  (perhitungan volume selengkapnya dapat dilihat pada *Lampiran*). Apabila beton diangkut menggunakan truk mixer beton HINO FM 285 JM dengan kapasitas maksimum  $7 \text{ m}^3$ , maka dibutuhkan sebanyak 782 truk untuk akomodasi beton.



**Gambar 4. 23.** *Layout* Rute Akomodasi Menuju Lokasi Proyek

Gambar 4.23. menjelaskan bahwa rute untuk akses menuju lokasi proyek hanyalah melalui JL.H.Fachruddin, hal ini jelas sangat berpengaruh terhadap berkurangnya kapasitas jalan raya JL.H.Fachruddin dan akan menimbulkan kemacetan.

Solusi yang dapat diterapkan untuk menanggulangi pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic* diantaranya adalah dengan mengatur *cycling time* truk mixer beton supaya tidak terjadi antrean truk mixer pada saat pengecoran atau

dengan cara melakukan pengecoran pada malam hari pada saat traffic di JL.H.Facruddin sudah berkurang.

#### **F. Rencana anggaran biaya**

Pada tugas akhir ini direncanakan anggaran biaya akibat material dinding penahan tanahnya saja. Perhitungan anggaran biayanya berdasarkan volume material dikalikan dengan harga satuan material.

Rekapitulasi hasil perhitungan biaya untuk *Diaphragm Wall* dapat dilihat pada Tabel 4.15. berikut :

**Tabel 4. 15.** Anggaran Biaya *Diaphragm Wall*

Item	Volume	Harga Satuan	Harga Total
Beton f'c 50 MPa	5472 m <sup>3</sup>	Rp. 1.200.000,- /m <sup>3</sup>	Rp 6.566.400.000
Baja Tulangan	528726,97 kg	Rp. 8.500,- /kg	Rp 4.494.179.209
Total			Rp 11.060.579.209

Untuk perhitungan volume selengkapnya dapat dilihat pada *Lampiran*.

#### **4.3.2. Perencanaan *Secant Pile***

Pada Sub bab ini akan dilakukan perencanaan dinding penahan tanah dengan jenis *Secant Pile*. *Output* dari Sub bab ini adalah nilai defleksi maksimum, kebutuhan tulangan dinding, metode pelaksanaan, rencana anggaran biaya (RAB) berdasarkan jumlah material yang terjadi dan kontrol *Uplift* untuk *Secant Pile*. Masing – masing *item* dari *output* ini nantinya akan dibandingkan dengan jenis dinding penahan tanah lainnya kemudian dipilih satu jenis dinding penahan tanah yang akan dipakai sebagai kesimpulan dari tugas akhir ini.

#### **A. Preliminary design**

Sebelum melakukan perhitungan, dilakukan analisa terlebih dahulu mengenai data apa saja yang diperlukan, seperti data tanah dan parameter – parameter tanah yang dibutuhkan. Selain itu dilakukan juga perencanaan awal / *preliminary design* guna mempermudah perencanaan.

### a. Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan merupakan data tanah yang terdapat pada Tabel 4.8.

### b. *Secant Pile*

Dari perhitungan pada sub bab sebelumnya telah didapatkan panjang dinding penahan tanah sedalam 38 m. Kemudian dilakukan perencanaan awal / *preliminary design* untuk parameter – parameter lainnya sebagai berikut :

Diameter <i>Primary Pile</i>	= 1 m
Diameter <i>Secondary Pile</i>	= 0,8 m
<i>Spacing Secondary Pile</i>	= 1,2 m
Luas Penampang	= 0,9 m <sup>2</sup>
Inersia Penampang (I)	= 0,06075 m <sup>4</sup>
Mutu Beton	= 50 MPa
Mutu Bentonite ( <i>secondary pile</i> )	= 25 MPa
Mutu Baja Tulangan	= 410 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f'c}$
	= 33234018,72 kN/m <sup>2</sup>
EA	= 102765154,2 kN
EI	= 6936647,9097 kN
W	= 21,6 kN/m <sup>2</sup>

### c. Pengaku lateral

Pada perencanaan kali ini, Pengaku Lateral yang dimaksud adalah pelat lantai *basement* dan raft pondasi yang selain berfungsi untuk lantai gedung juga berfungsi untuk menahan tekanan lateral yang terjadi pada dinding *basement*. Berikut adalah *preliminary design* nya :

- Pelat Lantai *Basement* :

Tebal	= 0,3 m
Luas Penampang	= 0,3 m <sup>2</sup>
Panjang Bentang	= 5 m
Mutu Beton	= 50 MPa

Mutu Baja	= 410 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$
	= 33234018,72 kN/m <sup>2</sup>
EA	= 14973185,05
- Raft Pondasi <i>Basement</i> :	
Tebal	= 1 m
Luas Penampang	= 1 m <sup>2</sup>
Panjang Bentang	= 5 m
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f_c'}$
	= 49910616,84 kN/m <sup>2</sup>
EA	= 49910616,84

#### d. Pembebanan

Beban – beban yang terjadi pada perencanaan kali ini adalah beban mati dari struktur *Secant Pile* itu sendiri dan beban hidup yang terdiri dari beban akibat tanah, air, dan beban diatas tanah (*surchage*).

- Beban diatas Tanah (*surchage*):

Beban Jalan Raya (q)	= 10 kN/m <sup>2</sup>
Lebar Jalan	= 15 m
Jarak ke Dinding	= 15 m

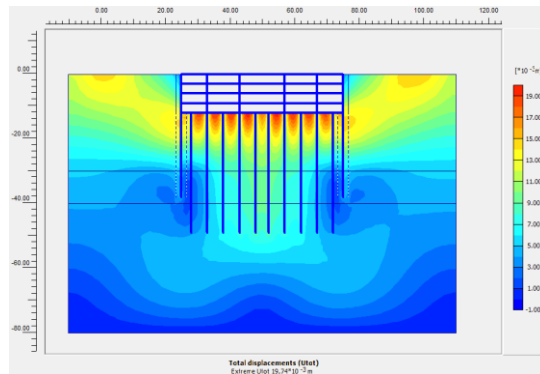
#### B. Analisa stabilitas

Analisa stabilitas dinding dilakukan untuk mengetahui apakah struktur dinding penahan tanah sudah memenuhi syarat yang berlaku atau belum. Pada perencanaan kali ini, dilakukan analisa stabilitas dinding dengan menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2.

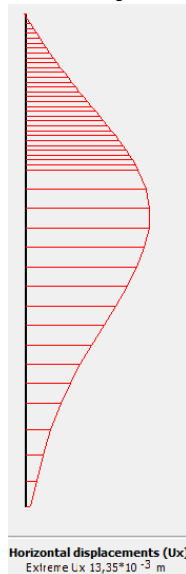
Langkah - langkah pengoperasian program nya sama seperti pada analisa stabilitas *diaphragm wall*. Perbedaan nya adalah pada nilai parameter dinding penahan tanah yang dimasukan.

Berikut adalah hasil dari analisa stabilitas dinding dengan menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2. Gambar 4.24.

merupakan kondisi *total displacement* dari *Secant Pile*. Gambar 4.25. merupakan nilai defleksi maksimum dari *Secant Pile*.



**Gambar 4. 24.** *Total Displacement Secant Pile*



**Gambar 4. 25.** Nilai Defleksi Maksimum *Secant Pile*

Kesimpulan dari analisa stabilitas dinding *Secant Pile* menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2 adalah :

Defleksi Maksimum = 13,35 mm

Nilai Defleksi Maksimum < Defleksi ijin (1 inci) ... (OK)

Maka, *preliminary design* dari *Secant Pile* ini dapat digunakan sebagai perencanaan.

### C. Perhitungan penulangan

Pada perhitungan perencanaan tulangan *Secant Pile* akan digunakan program bantu SpColumn. Program ini akan membantu menentukan banyaknya tulangan yang dibutuhkan. Pada input program ini dibutuhkan gaya dalam berupa P dan M. Nilai P dan M tersebut dapat dicari dengan menggunakan bantuan program PLAXIS V.8.2. Nilai Momen Maksimum dan Aksial Maksimum pada *Secant Pile* dapat dilihat pada Gambar 4.26. berikut.

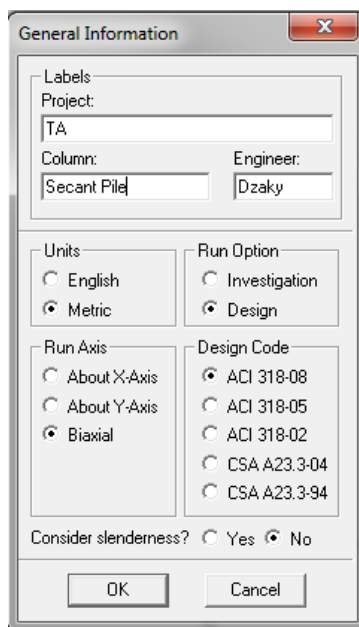


**Gambar 4. 26.** Mmax dan Pmax dari *Secant Pile*

Setelah diperoleh gaya-gaya dan data-data yang dibutuhkan selanjutnya adalah mencari kebutuhan penulangan menggunakan program spColumn. Berikut adalah langkah – langkah perencanaan tulangan menggunakan program bantu spColumn.

**a. Input**

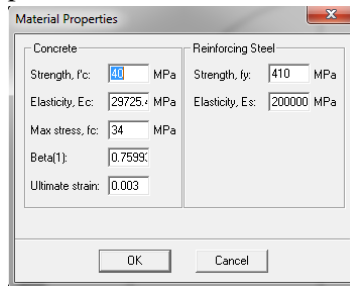
- Pada Tab Input, pilih menu General Information kemudian ubah bagian *Label* sesuai keinginan, lalu ubah bagian *Units* menjadi *Metric*, *Run Option* menjadi *Design*, *Run Axis* menjadi *Biaxial* dan *Design Code* menjadi *ACI 318-08* serta *consider slenderness* menjadi *No*. Seperti tampak pada Gambar 4.27. berikut :



**Gambar 4. 27. General Information**

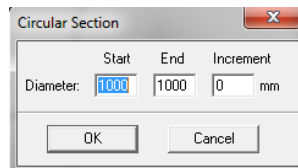


- Untuk merubah jenis material , pada tab Input, pilih menu *Material Properties* kemudian ubah sesuai data perencanaan. Seperti tampak pada Gambar 4.28. dibawah ini :



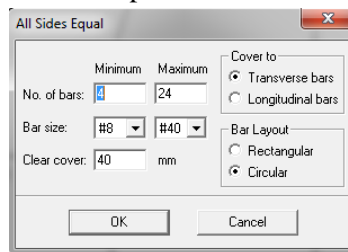
**Gambar 4. 28. Material Properties**

- Untuk mendefinisikan bentuk penampang, pada Tab Input, pilih menu *Section* kemudian ubah sesuai data perencanaan. Seperti tampak pada Gambar 4.29. dibawah ini :



**Gambar 4. 29. Input Penampang**

- Untuk mendefinisikan kriteria tulangan yang diinginkan, pada tab Input, pilih menu *Reinforcement / All Side Equal* lalu masukan kriteria tulangan yang diinginkan sesuai dengan peraturan. Seperti terlihat pada Gambar 4.30. berikut :



**Gambar 4. 30. Kriteria Tulangan**

- Untuk mendefinisikan kriteria desain, pada tab Input, pilih menu *Reinforcement / Design Criteria* lalu masukan kriteria desain yang diinginkan sesuai dengan peraturan. Seperti terlihat pada Gambar 4.31. berikut :

**Design Criteria**

Column Type

- ☒ Structural
- ☐ Architectural
- ☐ User-defined

Reinforcement Ratio

Minimum: 1 %

Maximum: 8 %

Bar Selection

- ☐ Minimum number of bars
- ☒ Minimum area of steel

Minimum clear spacing between bars: 40 mm

Design/Required ratio: 1

OK Cancel

**Gambar 4. 31.** Kriteria Desain

- Langkah selanjutnya yaitu Input beban, pada tab Input, pilih menu *Loads / Factored* lalu masukan beban – beban yang telah didapat pada perhitungan sebelumnya. Seperti terlihat pada Gambar 4.32. berikut :

**Factored Loads**

Load X-Moment Y-Moment

468 2737 0

(kN) (kNm) (kNm)

Insert Modify Delete

No.	P	Mx	My
1	468	2737	0

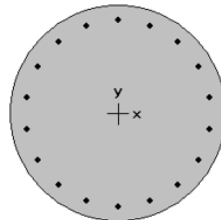
OK Cancel

**Gambar 4. 32.** Input Beban

### b. Calculate

- Untuk melihat hasil kalkulasi, dapat dengan menekan tombol F5 atau terdapat pada tab *Solve / Execute*.

Hasil perencanaan tulangan *Secant Pile* pada tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Gambar 4.33. menunjukkan penampang tiang serta tulangan yang dibutuhkan. Gambar 4.34 menunjukkan detail dari hasil perhitungan SpColumn.



1000 mm diam.  
1.41% reinf.

**Gambar 4. 33.** Penampang *Primary Pile* Beserta Tulangannya

```

MATERIAL:
=====
f'c = 50 MPa
Ec = 33234 MPa
fc = 42.5 MPa
Beta1 = 0.687417
fy = 410 MPa
Es = 200000 MPa

SECTION:
=====
Ag = 785398 mm^2
Ix = 4.90874e+010 mm^4
Iy = 4.90874e+010 mm^4
Xo = 0 mm
Yo = 0 mm

REINFORCEMENT:
=====
18 #28 bars @ 1.412%
As = 11088 mm^2
Confinement: Tied
Clear Cover = 56.00 mm
Min Clear Spacing = 121.34 mm
  
```

**Gambar 4. 34.** Detail Hasil Perhitungan SPColumn

Hasil perhitungan pada Gambar 4.34. menunjukkan bahwa penulangan *Secant Pile* dengan tulangan 18D28 dan jarak antar tulangan 121,34 mm memenuhi persyaratan  $\rho = 1\% - 6\%$  sesuai syarat SNI, dimana nilai  $\rho = 1,412\%$  dan  $A_s = 11088 \text{ mm}^2$  serta *spacing* sebesar 121,34 mm. Untuk gambar detail penulangan *Secant Pile* dapat dilihat pada *Lampiran*.

#### **D. Kontrol uplift**

*Uplift* atau *buoyancy* adalah gaya tekanan air tanah keatas yang dapat mengakibatkan terangkatnya suatu struktur dalam tanah akibat pengaruh dari tekanan air keatas yang lebih besar daripada berat struktur tersebut. Pada perencanaannya, daya dukung tanah melawan gaya *uplift* ini adalah dari gesekan antara struktur tersebut dengan tanah yang ada disekitarnya ditambah dengan berat struktur itu sendiri.

Besar dari beban *buoyancy* adalah perbedaan tinggi muka air dikalikan dengan berat volume air, sehingga besar dari yang mengangkat seluruh bagian *basement* adalah sebagai berikut:

$$F = (12 - 4,2)m \times 1 \text{ t/m}^3 = 7,8 \text{ t/m}^2$$

$$\sum F = 7,8 \text{ t/m}^2 \times 50 \text{ m (lebar basement)} = 390 \text{ t/m}$$

Jadi, beban *buoyancy* yang harus ditahan oleh struktur adalah sebesar 390 t/m.

Sementara itu besar gaya friksi dari *Secant Pile* dapat dikalkulasikan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_u = (2LH + 2BH) \times C_u$$

$$Q_u = 151,2 \text{ t/m}$$

Kemudian untuk perhitungan gaya tahanan yang diakibatkan oleh berat struktur adalah dengan mengalikan volume / m' struktur dengan berat jenis beton sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\text{- Berat/m' Secant Pile} = 103,68 \text{ t/m}$$

$$\text{- Berat/m' Tiang Pancang} = 923,16 \text{ t/m}$$

- Berat/m' Pelat Lantai = 96 t/m
- Berat/m' Raft Pondasi = 180 t/m
- Berat/m' Total Struktur (W) = 1302,84 t/m

(Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran)

Sehingga gaya penahan *uplift* ( $Q_{all}$ ) adalah gaya friksi ( $Q_u$ ) ditambah dengan berat struktur (W) kemudian dibagi oleh *Safety Factor* (SF) dimana pada tugas akhir ini digunakan nilai SF sebesar 3, menjadi :

$$Q_{all} = ( Q_u + W ) / SF$$

$$Q_{all} = 484,68 \text{ t/m}$$

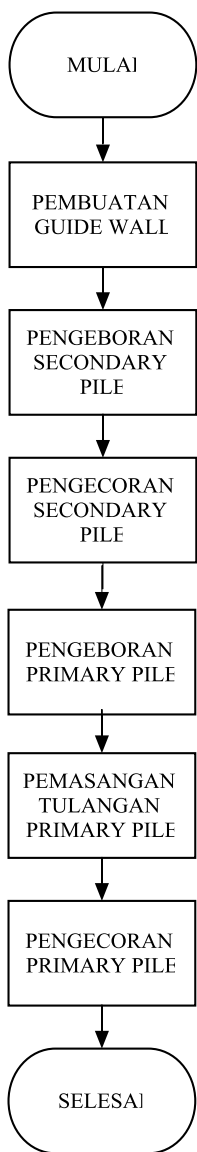
Kontrol *Uplift* :

$$\sum F = 390 \text{ t/ m} < Q_{all} = 484,68 \text{ t/m} \dots (\text{OK})$$

## **E. Metode pelaksanaan**

Pada sub bab ini akan dilakukan analisa mengenai metode pelaksanaan konstruksi untuk *secant pile*. Selain itu, pada sub bab ini juga membahas metode *dewatering* dan pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic* disekitarnya.

### **a. Metode pelaksanaan konstruksi**

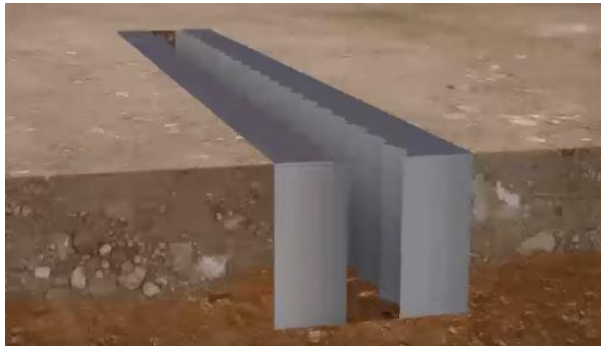


**Gambar 4. 35.** Bagan Alir Metode Pelaksanaan *Secant Pile*

Metode pelaksanaan dari *Secant Pile* meliputi :

1. Pembuatan *Guide Wall*

*Guide wall* adalah sebuah pembatas agar pekerjaan pembuatan *Secant Pile* tetap rapi dan presisi. *Guide Wall* biasanya terbuat dari beton bertulang mutu rendah dan berukuran +/- 1 m. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4.36. berikut.



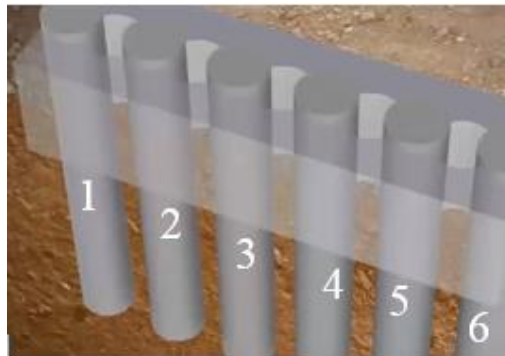
**Gambar 4. 36.** *Guide Wall Secant Pile*

2. Pembuatan *Secondary Pile*.

Setelah dilakukan pembuatan *guide wall* selanjutnya dilakukan pembuatan *secondary pile* menggunakan alat bor tiang, seperti terlihat pada Gambar 4.37. *Secondary Pile* merupakan tiang dari campuran beton *bentonite* yang memiliki diameter lebih kecil dari *Primary Pile*. Pembuatan *Secondary Pile* dilakukan secara bersilangan, misalnya yang pertama dibuat adalah tiang no.1 selanjutnya dibuat no.3 terlebih dahulu kemudian diakhiri dengan no.2. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4.38.



**Gambar 4. 37.** Pengeboran *Pile*



**Gambar 4. 38.** Pembuatan *Secondary Pile*

#### 4. Pembuatan *Primary Pile*

Setelah *Secondary Pile* terpasang selanjutnya adalah pembuatan *primary pile*. *Primary Pile* merupakan *Pile* dari beton bertulang yang memiliki diameter 1,2 – 1,5 kali *secondary pile*. Pada proses pengeboran *Primary Pile*, alat bor akan memotong sebagian dari *secondary pile* untuk memenuhi diameter dari *primary pile*. Setelah di bor, dilakukan pemasangan tulangan *primary pile*. Tulangan *primary pile* biasanya di fabrikasi *in-situ* pada lokasi proyek, seperti terlihat pada Gambar 4.39. Setelah tulangan dirakit



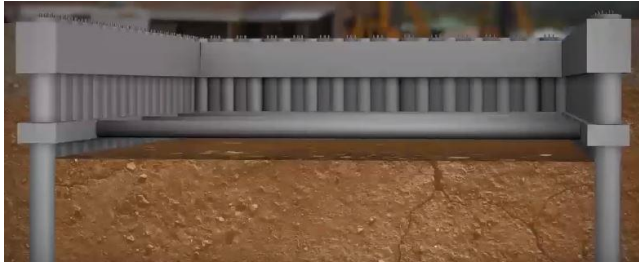
kemudian diangkat dan dimasukkan kedalam lubang *pile* menggunakan *crane*. Tahap terakhir yaitu pengecoran beton untuk *primary pile*. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4.40. dan Gambar 4.41.



**Gambar 4. 39.** Tulangan Difabrikasi *In Situ*



**Gambar 4. 40.** Pembuatan *Primary Pile*



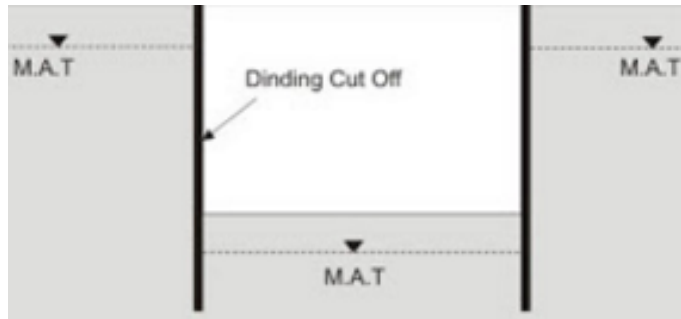
**Gambar 4. 41.** *Secant Pile* Selesai Dibuat

### **B. Metode *Dewatering***

*Dewatering* adalah pekerjaan yang bertujuan untuk dapat mengendalikan air tanah agar tidak mengganggu/menghambat proses pelaksanaan suatu konstruksi, terutama untuk pelaksanaan bagian struktur yang berada dibawah muka air tanah. Pekerjaan *dewatering* umumnya dilakukan sebelum pekerjaan konstruksi dimulai.

Pada perencanaan *secant pile*, metode *dewatering* yang digunakan adalah metode *Cut Off*, karena jumlah air yang akan dibuang cukup besar debitnya dan tanah sekitar galian yang rentan akan longsor. Selain itu dinding *secant pile* juga dapat digunakan untuk dinding *Cut Off* karena mampu menahan rembesan air sehingga tidak diperlukan pekerjaan tambahan lagi.

Prinsip dari metode *dewatering Cut Off* ini adalah memotong aliran air tanah dengan suatu dinding pembatas sehingga daerah yang dikehendaki dapat terbebas dari air tanah. Ilustrasi metode *dewatering Cut Off* dapat dilihat pada Gambar 4.42.



**Gambar 4. 42.** Metode *Dewatering Cut Off*

### **C. Pengaruh Metode Pelaksanaan Terhadap Traffic**

Dalam mempertimbangkan pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic*, parameter yang dapat digunakan adalah jumlah material yang dibutuhkan untuk membuat konstruksi dinding penahan tanah. Jumlah material yang semakin banyak dapat mengakibatkan kebutuhan akomodasi yang semakin banyak juga, sehingga menyebabkan volume kendaraan di JL.H Fachruddin meningkat dan akses menuju lokasi proyek pun turut terhambat.

Pada perencanaan *Secant Pile* didapatkan jumlah volume beton yang diperlukan adalah sebesar 9784,24 m<sup>3</sup> dan volume baja sebesar 891492,4 kg (perhitungan volume selengkapnya dapat dilihat pada *Lampiran*). Apabila beton diangkut menggunakan truk mixer beton HINO FM 285 JM dengan kapasitas maksimum 7 m<sup>3</sup>, maka dibutuhkan sebanyak 1398 truk untuk akomodasi beton.



**Gambar 4. 43** *Layout Rute Akomodasi Menuju Lokasi Proyek*

Gambar 4.43 menjelaskan bahwa rute untuk akses menuju lokasi proyek hanyalah melalui JL.H.Fachruddin, hal ini jelas sangat berpengaruh terhadap berkurangnya kapasitas jalan raya JL.H.Fachruddin dan akan menimbulkan kemacetan.

Solusi yang dapat diterapkan untuk menanggulangi pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic* diantaranya adalah dengan mengatur *cycling time* truk mixer beton supaya tidak terjadi antrean truk mixer pada saat pengecoran atau dengan cara melakukan pengecoran pada malam hari pada saat traffic di JL.H.Fachruddin sudah berkurang.

#### **F. Rencana anggaran biaya**

Pada tugas akhir ini direncanakan anggaran biaya akibat material dinding penahan tanahnya saja. Perhitungan anggaran biayanya berdasarkan volume material dikalikan dengan harga satuan material.

Rekapitulasi hasil perhitungan biaya untuk *Secant Pile* dapat dilihat pada Tabel 4.16. berikut :

**Tabel 4. 16.** Anggaran Biaya *Secant Pile*

Item	Volume	Harga Satuan	Harga Total
Beton	9784,24 m <sup>3</sup>	Rp. 1.005.000,- / m <sup>3</sup>	Rp 10.251.974.400
Baja Tulangan	891492,4 kg	Rp. 8500,- /kg	Rp 7.577.685.500
Total			Rp 17.829.659.900

Untuk perhitungan volume material selengkapnya dapat dilihat pada *Lampiran*.

#### **4.3.3. Perencanaan *Tangent Pile***

Pada Sub bab ini akan dilakukan perencanaan dinding penahan tanah dengan jenis *Tangent Pile*. *Output* dari Sub bab ini adalah nilai defleksi maksimum, kebutuhan tulangan dinding, metode pelaksanaan, rencana anggaran biaya (RAB) berdasarkan jumlah material yang terjadi dan kontrol *Uplift* untuk *Tangent Pile*. Masing – masing *item* dari *output* ini nantinya akan dibandingkan dengan jenis dinding penahan tanah lainnya kemudian dipilih satu jenis dinding penahan tanah yang akan dipakai sebagai kesimpulan dari tugas akhir ini.

##### **A. Preliminary design**

Sebelum melakukan perhitungan, dilakukan analisa terlebih dahulu mengenai data apa saja yang diperlukan, seperti data tanah dan parameter – parameter tanah yang dibutuhkan. Selain itu dilakukan juga perencanaan awal / *preliminary design* guna mempermudah perencanaan.

##### **a. Data Tanah**

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan merupakan data tanah yang terdapat pada Tabel 4.8.

##### **b. *Tangent Pile***

Dari perhitungan pada sub bab sebelumnya telah didapatkan panjang dinding penahan tanah sedalam 38 m.

Kemudian dilakukan perencanaan awal / *preliminary design* untuk parameter – parameter lainnya sebagai berikut :

Diameter <i>Tangent Pile</i>	= 1 m
Luas Penampang (A)	= 1 m <sup>2</sup>
Inersia Penampang (I)	= 0,082 m <sup>4</sup>
Mutu Beton	= 50 MPa
Mutu Baja Tulangan	= 410 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f'c}$ = 49910616,84 kN/m <sup>2</sup>
EA	= 49910616,84 kN
EI	= 4159218,07 kN
W	= 24 kN/m <sup>2</sup>

### c. Pengaku lateral

Pada perencanaan kali ini, Pengaku Lateral yang dimaksud adalah pelat lantai *basement* dan raft pondasi yang selain berfungsi untuk lantai gedung juga berfungsi untuk menahan tekanan lateral yang terjadi pada dinding *basement*. Berikut adalah *preliminary design* nya :

- Pelat Lantai *Basement* :

Tebal	= 0,3 m
Luas Penampang	= 0,3 m <sup>2</sup>
Panjang Bentang	= 5 m
Mutu Beton	= 50 MPa
Mutu Baja	= 410 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f'c}$ = 33234018,72 kN/m <sup>2</sup>
EA	= 14973185,05

- Raft Pondasi *Basement* :

Tebal	= 1 m
Luas Penampang	= 1 m <sup>2</sup>
Panjang Bentang	= 5 m
Modulus Elastisitas Beton (E)	= $4700\sqrt{f'c}$

$$= 49910616,84 \text{ kN/m}^2$$

EA

$$= 49910616,84$$

#### **d. Pembebanan**

Beban – beban yang terjadi pada perencanaan kali ini adalah beban mati dari struktur *Secant Pile* itu sendiri dan beban hidup yang terdiri dari beban akibat tanah, air, dan beban diatas tanah (*surchage*).

- Beban diatas Tanah (*surchage*):

Beban Jalan Raya (q) = 10 kN/m<sup>2</sup>

Lebar Jalan = 15 m

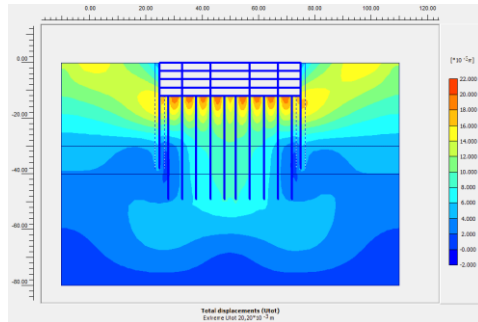
Jarak ke Dinding = 15 m

#### **B. Analisa stabilitas**

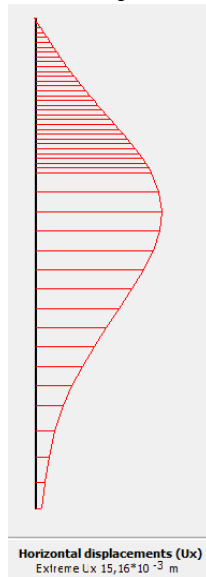
Analisa stabilitas dinding dilakukan untuk mengetahui apakah struktur dinding penahan tanah sudah memenuhi syarat yang berlaku atau belum. Pada perencanaan kali ini, dilakukan analisa stabilitas dinding dengan menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2.

Langkah - langkah pengoperasian program nya sama seperti pada analisa stabilitas *Diaphragm Wall* dan *Secant Pile*. Perbedaannya adalah pada nilai parameter dinding penahan tanah yang dimasukan.

Berikut adalah hasil dari analisa stabilitas dinding dengan menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2. Gambar 4.44. merupakan kondisi *total displacement* dari *Tangent Pile*. Gambar 4.45. merupakan nilai defleksi maksimum dari *Tangent Pile*.



**Gambar 4. 44.** *Total Displacement Tangent Pile*



**Gambar 4. 45.** *Nilai Defleksi Maksimum Tangent Pile*

Kesimpulan dari analisa stabilitas dinding *Tangent Pile* menggunakan program bantu PLAXIS V.8.2 adalah :

Defleksi Maksimum = 15,16 mm

Nilai Defleksi Maksimum < Defleksi ijin (1 inci) ... (OK)

Maka, *preliminary design* dari *Tangent Pile* ini dapat digunakan sebagai perencanaan.



### C. Perhitungan penulangan

Pada perhitungan perencanaan penulangan *Tangent Pile* ini akan digunakan program bantu SpColumn. Program ini akan membantu menentukan banyaknya tulangan yang dibutuhkan. Pada input program ini dibutuhkan gaya dalam berupa P dan M. Nilai P dan M tersebut dapat dicari dengan menggunakan bantuan program PLAXIS V.8.2. Nilai Momen Maksimum dan Aksial Maksimum pada *Tangent Pile* dapat dilihat pada Gambar 4.46. berikut.

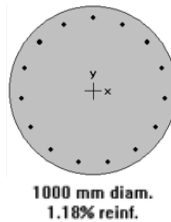


**Gambar 4. 46.** Mmax dan Pmax dari Program Bantu Plaxis V.8.2

Setelah diperoleh gaya-gaya dan data-data yang dibutuhkan selanjutnya adalah mencari kebutuhan penulangan menggunakan program spColumn.

Langkah – langkahnya sama seperti perencanaan tulangan untuk *Secant Pile*, hanya saja data material dan gaya – gaya yang dimasukkan berbeda.

Hasil perencanaan tulangan *Tangent Pile* pada tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Gambar 4.47. menunjukkan penampang tiang serta tulangan yang dibutuhkan. Gambar 4.48. menunjukkan detail dari hasil perhitungan SpColumn.



**Gambar 4. 47.** Penampang *Tangent Pile* Beserta Tulangannya

```

MATERIAL:
=====
f'c = 50 MPa
Ec = 33234 MPa
fc = 42.5 MPa
Beta1 = 0.687417
fy = 410 MPa
Es = 200000 MPa

SECTION:
=====
Ag = 785398 mm^2
Ix = 4.90874e+010 mm^4
Iy = 4.90874e+010 mm^4
Xo = 0 mm
Yo = 0 mm

REINFORCEMENT:
=====
15 #28 bars @ 1.176%
As = 9240 mm^2
Confinement: Tied
Clear Cover = 56.00 mm
Min Clear Spacing = 150.80 mm
  
```

**Gambar 4. 48.** Detail Hasil Perhitungan Penulangan *Tangent Pile*

Hasil perhitungan pada Gambar 4.48. menunjukkan bahwa penulangan *Tangent Pile* dengan tulangan 15D28 dan jarak antar tulangan 150,60 mm memenuhi persyaratan  $\rho = 1\% - 6\%$  sesuai syarat SNI, dimana nilai  $\rho = 1,176\%$  dan  $A_s$

= 9240 mm<sup>2</sup> serta *spacing* sebesar 150,60 mm. Untuk gambar detail penulangan *Tangent Pile* dapat dilihat pada *Lampiran*.

#### **D. Kontrol *uplift***

*Uplift* atau *buoyancy* adalah gaya tekanan air tanah keatas yang dapat mengakibatkan terangkatnya suatu struktur dalam tanah akibat pengaruh dari tekanan air keatas yang lebih besar daripada berat struktur tersebut. Pada perencanaannya, daya dukung tanah melawan gaya *uplift* ini adalah dari gesekan antara struktur tersebut dengan tanah yang ada disekitarnya ditambah dengan berat struktur itu sendiri.

Besar dari beban *buoyancy* adalah perbedaan tinggi muka air dikalikan dengan berat volume air, sehingga besar dari yang mengangkat seluruh bagian *basement* adalah sebagai berikut:

$$F = (12 - 4,2)m \times 1 \text{ t/m}^3 = 7,8 \text{ t/m}^2$$

$$\sum F = 7,8 \text{ t/m}^2 \times 50 \text{ m (lebar basement)} = 390 \text{ t/m}$$

Jadi, beban *buoyancy* yang harus ditahan oleh struktur adalah sebesar 390 t/m.

Sementara itu besar gaya friksi dari *Tangent Pile* dapat dikalkulasikan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_u = (2LH + 2BH) \times C_u$$

$$Q_u = 168 \text{ t/m}$$

Kemudian untuk perhitungan gaya tahanan yang diakibatkan oleh berat struktur adalah dengan mengalikan volume / m' struktur dengan berat jenis beton sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

- Berat/m' *Tangent Pile* = 115,2t/m
- Berat/m' *Tiang Pancang* = 923,16 t/m
- Berat/m' *Pelat Lantai* = 96 t/m
- Berat/m' *Raft Pondasi* = 180 t/m
- Berat/m' *Total Struktur (W)* = 1314,36 t/m

(Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada *Lampiran*)

Sehingga gaya penahan uplift ( $Q_{all}$ ) adalah gaya friksi ( $Q_u$ ) ditambah dengan berat struktur ( $W$ ) kemudian dibagi oleh Safety Factor ( $SF$ ) dimana pada tugas akhir ini digunakan nilai  $SF$  sebesar 3, menjadi :

$$Q_{all} = (Q_u + W) / SF$$

$$Q_{all} = 494,12 \text{ t/m}$$

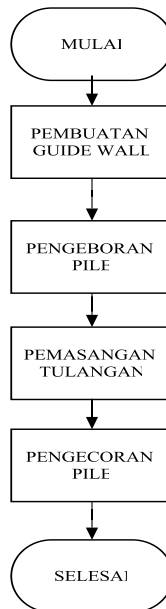
Kontrol Uplift :

$$\sum F = 390 \text{ t/m} < Q_{all} = 494,12 \text{ t/m} \dots (\text{OK})$$

### E. Metode pelaksanaan

Pada Sub bab ini akan dilakukan analisa mengenai metode pelaksanaan konstruksi untuk *tangent pile*. Selain itu, pada sub bab ini juga membahas metode *dewatering* dan pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic* disekitarnya.

#### a. Metode pelaksanaan konstruksi



**Gambar 4. 49.** Bagan Alir Metode Pelaksanaan *Tangent Pile*

Pada dasarnya metode pelaksanaan dari *Tangent Pile* adalah sangat sederhana, yaitu hampir serupa dengan *Secant Pile*, hanya saja pada *Tangent Pile* tidak dilakukan pembuatan *Secondary Pile* terlebih dahulu melainkan langsung pembuatan *Primary Pile* berupa tiang bor beton bertulang. Metode pelaksanaan konstruksi dari *Tangent Pile* meliputi :

#### 1. Pekerjaan *Guide Wall*

*Guide wall* adalah sebuah pembatas agar pekerjaan pembuatan *Secant Pile* tetap rapi dan presisi. *Guide Wall* biasanya terbuat dari beton bertulang mutu rendah dan berukuran +/- 1 m. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 4.50.berikut.



**Gambar 4. 50.** *Guide Wall Tangent Pile*

#### 2. Pembuatan *Tangent Pile*

Setelah *Guide Wall* terpasang selanjutnya adalah pembuatan *Tangent Pile*. *Tangent Pile* merupakan *Pile* yang terbuat dari beton bertulang. Setelah di bor, dilakukan pemasangan tulangan. Tulangan *Tangent Pile* biasanya di fabrikasi *in-situ* pada lokasi proyek, seperti terlihat pada Gambar 4.51 Setelah tulangan dirakit kemudian diangkat dan dimasukkan kedalam lubang *pile* menggunakan *crane*, seperti terlihat pada Gambar 4.52. Tahap terakhir yaitu pengecoran beton untuk *Tangent Pile*.



**Gambar 4. 51.** Tulangan Difabrikasi *In Situ*



**Gambar 4. 52.** Pemasangan Tulangan *Tangent Pile*

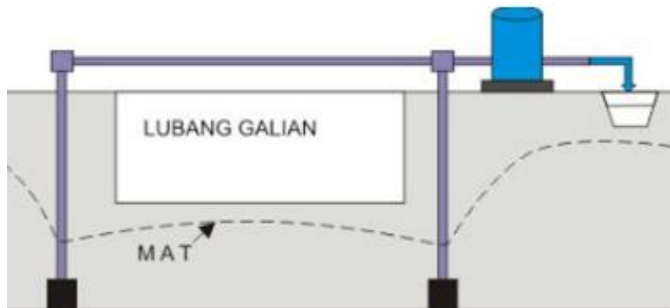
#### **b. Metode *dewatering***

*Dewatering* adalah pekerjaan yang bertujuan untuk dapat mengendalikan air tanah agar tidak mengganggu/ menghambat proses pelaksanaan suatu konstruksi, terutama untuk pelaksanaan bagian struktur yang berada dibawah muka air tanah. Pekerjaan *dewatering* umumnya dilakukan sebelum pekerjaan konstruksi dimulai.

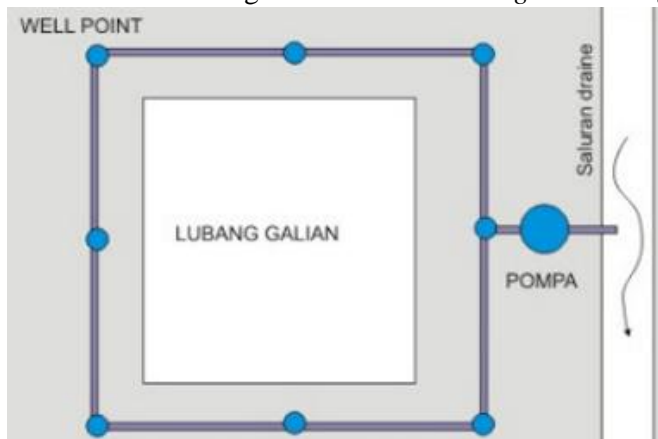
Pada perencanaan *tangent pile*, metode *dewatering* yang digunakan adalah metode *predrainage*, karena dinding *tangent pile* memiliki kelemahan terhadap rembesan air

sehingga muka air tanah perlu diturunkan terlebih dahulu supaya tidak terjadi rembesan.

Prinsip dari metode dewatering *predrainage* ini adalah menurunkan muka air tanah dengan menggunakan pompa yang terdapat di sekeliling galian (*well points*) sehingga daerah yang dikehendaki dapat terbebas dari air tanah. Ilustrasi metode dewatering *predrainage* dapat dilihat pada Gambar 4.53. dan Gambar 4.54.



**Gambar 4. 53.** Potongan Metode Dewatering *Predrainage*



**Gambar 4. 54.** Tampak Atas Metode Dewatering *Predrainage*

### C. Pengaruh Metode Pelaksanaan Terhadap Traffic

Dalam mempertimbangkan pengaruh metode pelaksanaan terhadap terhadap *traffic*, parameter yang dapat digunakan adalah jumlah material yang dibutuhkan untuk membuat konstruksi dinding penahan tanah. Jumlah material yang semakin banyak dapat mengakibatkan kebutuhan akomodasi yang semakin banyak juga, sehingga menyebabkan volume kendaraan di JL.H Fachruddin meningkat dan akses menuju lokasi proyek pun turut terhambat.

Pada perencanaan *diaphragm wall* didapatkan jumlah volume beton yang diperlukan adalah sebesar 7159,2 m<sup>3</sup> dan volume baja sebesar 937609,16 kg (perhitungan volume selengkapnya dapat dilihat pada *Lampiran*). Apabila beton diangkut menggunakan truk mixer beton HINO FM 285 JM dengan kapasitas maksimum 7 m<sup>3</sup>, maka dibutuhkan sebanyak 1023 truk untuk akomodasi beton.



**Gambar 4. 55.** *Layout* Route Akomodasi Menuju Lokasi Proyek



Gambar 4.55. menjelaskan bahwa rute untuk akses menuju lokasi proyek hanyalah melalui JL.H.Fachruddin, hal ini jelas sangat berpengaruh terhadap berkurangnya kapasitas jalan raya JL.H.Fachruddin dan akan menimbulkan kemacetan.

Solusi yang dapat diterapkan untuk menanggulangi pengaruh metode pelaksanaan terhadap *traffic* diantaranya adalah dengan mengatur *cycling time* truk mixer beton supaya tidak terjadi antrean truk mixer pada saat pengecoran atau dengan cara melakukan pengecoran pada malam hari pada saat traffic di JL.H.Fachruddin sudah berkurang.

#### **F. Rencana anggaran biaya**

Pada tugas akhir ini direncanakan anggaran biaya akibat material dinding penahan tanahnya saja. Perhitungan anggaran biayanya berdasarkan volume material dikalikan dengan harga satuan material.

Rekapitulasi hasil perhitungan biaya untuk *Tangent Pile* dapat dilihat pada Tabel 4.17. berikut :

**Tabel 4. 17.** Anggaran Biaya *Tangent Pile*

Item	Volume	Harga Satuan	Harga Total
Beton	7159,2 m3	Rp. 1.200.000,- /m3	Rp 8.591.040.000
Baja Tulangan	937609,16 kg	Rp. 8500,- /kg	Rp 7.969.677.797
Total			Rp 16.560.717.797

Untuk perhitungan volume material selengkapnya dapat dilihat pada *Lampiran*.

#### **4.4. Keputusan Akhir Perencanaan**

Pada Sub bab ini akan merangkum dan membandingkan hasil dari perhitungan – perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Terdapat dua parameter yang akan dibandingkan. Pertama adalah kekuatan stabilitas dinding yang diwakili oleh nilai defleksi maksimum. Kedua adalah harga dari material yang terjadi.

Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.18. untuk perbandingannya.

**Tabel 4. 18.** Perbandingan Tiap Jenis Dinding Penahan Tanah

Jenis DPT	Defleksi maksimum (mm)	Dimensi (m)	Tulangan	Total Anggaran Biaya
Diaphragm Wall	20,87	0,6 x 1	D28-200	Rp 11.060.579.209
Secant Pile	13,35	Diameter : 1 (primary) 0,8 (Secondary)	18D28	Rp 17.829.659.900
Tangent Pile	15,16	Diameter : 1	15D28	Rp 16.560.717.797

Dari tabel diatas dapat diambil kesimpulan bahwa dalam Tugas Akhir ini akan dipilih jenis dinding penahan tanah *Diaphragm Wall* untuk dipakai dalam perencanaan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan untuk menutup Laporan Tugas Akhir ini, sebagai berikut :

1. Kondisi tanah yang ada pada lokasi proyek disimpulkan pada Tabel 4.2. dan Gambar 4.2.
2. Beban yang bekerja pada Dinding Penahan Tanah *basement* adalah beban akibat tanah (*overburden pressure*), beban akibat air tanah (*water pressure*), dan beban akibat struktur diatas tanah (*surcharge*).
3. Pengaruh muka air tanah yang tinggi mengakibatkan tekanan horizontal aktif yang besar, sehingga sangat berpengaruh dalam perhitungan panjang dinding penahan tanah dan dapat menyebabkan bertambah panjangnya kedalaman dinding penahan tanah.
4. Cara merencanakan dinding penahan tanah adalah terlebih dahulu dilakukan perhitungan kebutuhan panjang dinding penahan tanah. Setelah itu dilakukan perencanaan mendetail dengan masing – masing jenis dinding penahan tanah. Perencanaan yang dimaksud adalah *preliminary design*, analisa stabilitas dinding, perhitungan penulangan, metode pelaksanaan, rencana anggaran biaya dan kontrol terhadap *uplift*. Setelah itu dilakukan analisa pengaruh terhadap *traffic*, kemudian diakhiri dengan perbandingan dari perencanaan masing – masing dinding penahan tanah.
5. Berdasarkan metode pelaksanaan konstruksinya, dinding penahan tanah yang paling efektif adalah *Tangent Pile* karena metodenya yang relatif singkat dan sederhana.
6. Berdasarkan biaya materialnya, dinding penahan tanah yang paling ekonomis adalah *Diaphragm Wall* dengan biaya material sebesar Rp. 11.060.579.209,-.

7. Perencanaan dinding penahan tanah yang dipilih adalah *Diaphragm Wall* dengan pertimbangan nilai defleksi maksimum, metode pelaksanaan, dan estimasi biaya material dinding penahan tanah yang lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan *Secant Pile* maupun *Tangent Pile*.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, maka disarankan :

1. Pada analisa stabilitas dinding sebaiknya dilakukan perhitungan menggunakan metode yang lainnya atau program bantu yang lain, supaya dapat dilakukan perbandingan dan *cross check* dalam menentukan hasil perhitungannya.
2. Jika memungkinkan, sebaiknya data tanah yang digunakan dalam perencanaan dilengkapi dengan lokasi titik uji tanahnya. Parameter – parameter tanah juga lebih baik diperoleh dengan cara uji laboratorium dibandingkan dengan mengorelasikan nya dengan tabel korelasi agar hasil perhitungan lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2013). **Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)**. Jakarta: BSNI.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). **Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)**. Jakarta: BSNI.
- Bowles , J. E. (1996). **Foundation Analysis And Design**. Singapore: The McGraw-Hill Companies.
- Das, B. M. (1995). **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. (N. Endah, & I. B. Mochtar, Trans.) Surabaya: Erlangga.
- Das, B. M. (2007). **Principle of Foundation Engineering**. Toronto: Nelson.
- Das, B. M. (2006). **Principle of Geotechnical Engineering, Sixth Edition**. Canada : Thomson Canada Limited.
- Hadihardaya Joetata. (1997). **Rekayasa Pondasi I : Konstruksi Penahan Tanah**. Jakarta : Gunadarma.
- Nurfrida Nashira Ramadhanti. (2012). **Perencanaan Dinding Diafragma untuk Basement Apartement The East Tower Essence on Darmawangsa, Jakarta**. Surabaya.
- Muhammad Hadi Fadhillah. (2013). **Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah Stasiun Bawah Tanah Dukuh Atas dengan Diaphragm Wall, Secant Pile, dan Soldier Pile di Proyek Pembangunan Mass Rapid Transit Jakarta**. Surabaya.
- Ou, Chang-Yu. 2006. **Deep Excavation Theory and Practice**. London : Taylor & Francis Group.

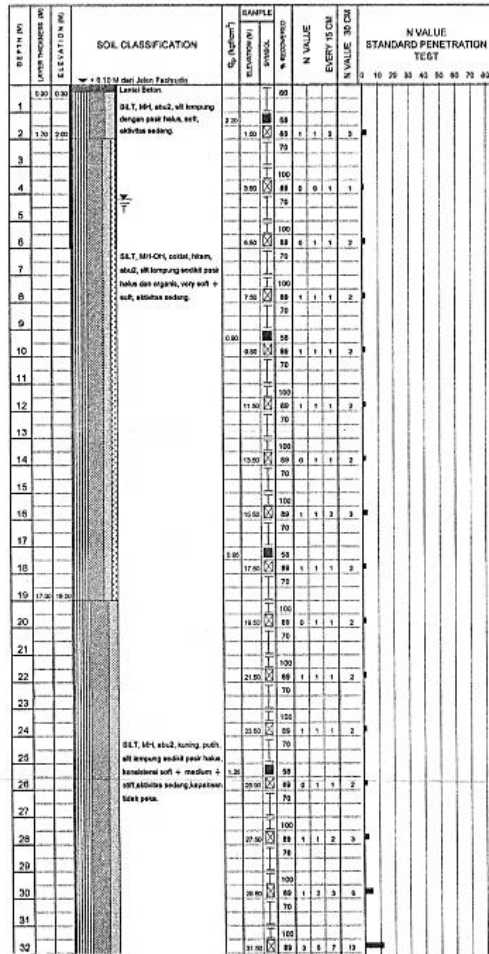
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

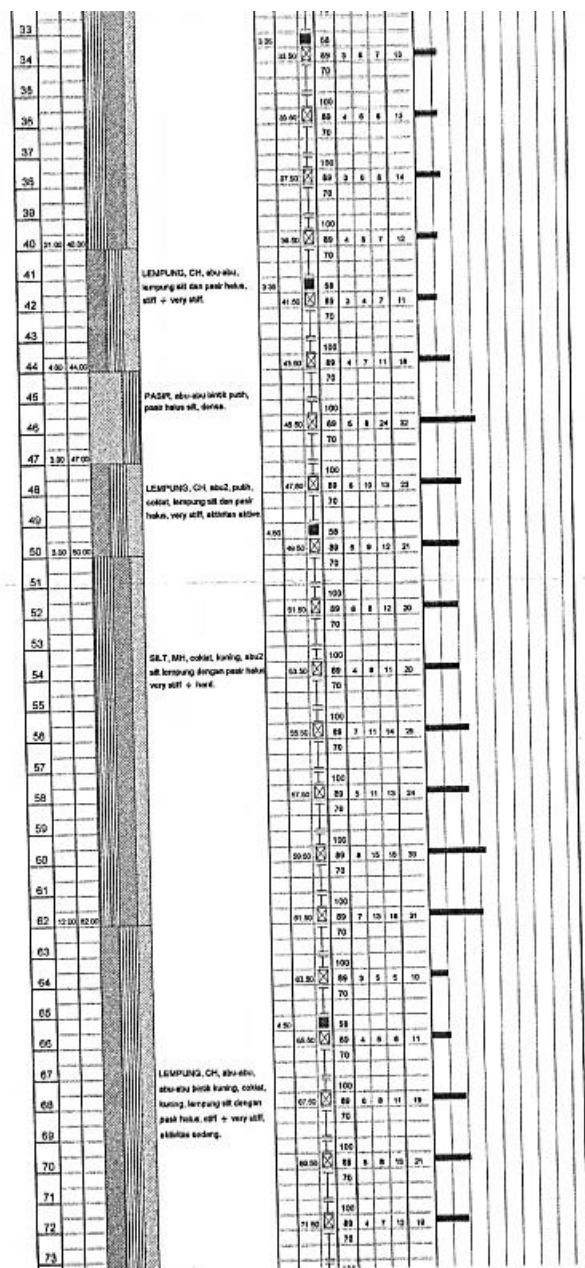
## LAMPIRAN

## 1. Data Tanah

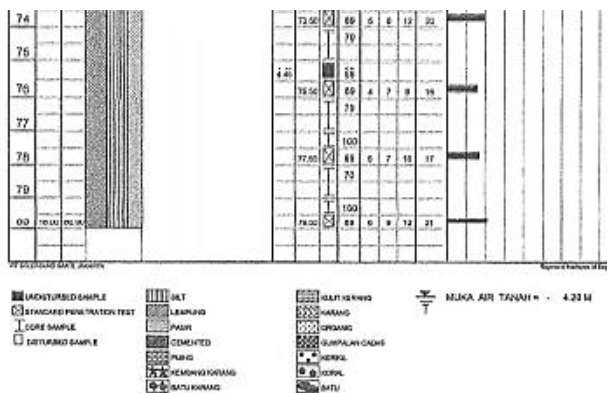
**BORING LOG & SPT DIAGRAM**

PROJECT : HOTEL 17 LANTAI + OFFICE 22 LANTAI  
LOCATION : JL.FACHRUDIN, TANAH ABANG - JAKARTA PUSAT  
HOLE : DB II  
DATE of TEST : 15 - 23 MARET 2014







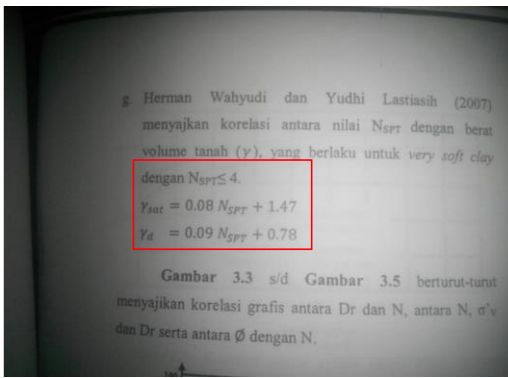


## 2. Pemilihan Korelasi Tanah

### Gamma Tanah

Table 3.1 Various Forms of Relationships for  $\gamma$ ,  $\gamma_d$ , and  $\gamma_{sat}$

Moist unit weight ( $\gamma$ )		Dry unit weight ( $\gamma_d$ )		Saturated unit weight ( $\gamma_{sat}$ )	
Given	Relationship	Given	Relationship	Given	Relationship
$w, G_s, e$	$\frac{(1+w)G_s\gamma_w}{1+e}$	$\gamma, w$	$\frac{\gamma}{1+w}$	$G_s, e$	$\frac{(G_s+e)\gamma_w}{1+e}$
$S, G_s, e$	$\frac{(G_s+Se)\gamma_w}{1+e}$	$G_s, e$	$\frac{G_s\gamma_w}{1+e}$	$G_s, n$	$[(1-n)G_s+n]\gamma_w$
$w, G_s, S$	$\frac{(1+w)G_s\gamma_w}{1+\frac{wG_s}{S}}$	$G_s, n$	$\frac{G_s\gamma_w(1-n)}{G_s\gamma_w(1-n)}$	$G_s, w_{sat}$	$\left(\frac{1+w_{sat}}{1+w_{sat}G_s}\right)G_s\gamma_w$
$w, G_s, n$	$G_s\gamma_w(1-n)(1+w)$	$G_s, w, S$	$\frac{G_s\gamma_w}{1+\left(\frac{wG_s}{S}\right)}$	$e, w_{sat}$	$\left(\frac{e}{w_{sat}}\right)\left(\frac{1+w_{sat}}{1+e}\right)\gamma_w$
$S, G_s, n$	$G_s\gamma_w(1-n)+nS\gamma_w$	$e, w, S$	$\frac{eS\gamma_w}{(1+e)w}$	$n, w_{sat}$	$n\left(\frac{1+w_{sat}}{w_{sat}}\right)\gamma_w$
		$\gamma_{sat}, e$	$\gamma_{sat} - \frac{e\gamma_w}{1+e}$	$\gamma_d, e$	$\gamma_d + \left(\frac{e}{1+e}\right)\gamma_w$
		$\gamma_{sat}, n$	$\gamma_{sat} - n\gamma_w$	$\gamma_d, n$	$\gamma_d + n\gamma_w$
		$\gamma_{sat}, G_s$	$\frac{(\gamma_{sat} - \gamma_w)G_s}{(G_s - 1)}$	$\gamma_d, S$	$\left(1 - \frac{1}{G_s}\right)\gamma_d + \gamma_w$
				$\gamma_d, w_{sat}$	$\gamma_d(1+w_{sat})$



Tabel 3.1: SPT dan korelasinya (J. E. Bowles, 1984)

N (blows)	Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent				
	0 - 3	4 - 10	11 - 30	31 - 50	> 50
	-	12 - 16	14 - 18	16 - 20	18 - 23
	-	25 - 32	28 - 36	30 - 40	> 35
	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
N (blows)	Cohesive Soil/Sol Cohérent				
	< 4	4 - 6	6 - 15	16 - 25	> 25
	14 - 18	16 - 18	16 - 18	16 - 20	> 20
	< 25	20 - 50	30 - 60	40 - 200	> 100
	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Tabel 2.2 Representatif Nilai  $\gamma_d$  dan  $\gamma_{sat}$ 

Type	Soil description	Unit weight range (kN/m <sup>3</sup> )	
		Dry	Saturated
Cohesionless	Soft sedimentary (chalk, shale, siltstone, coal)	12	18
	Hard sedimentary (Conglomerate, sandstone)	14	19
Broken rock	Metamorphic	18	20
	Igneous	17	21
Cohesionless	Very loose	14	17
	Loose	15	18
Sands and gravels	Medium dense	17	20
	Dense	19	21
	Very dense	21	22
Cohesionless	Loose		
	Uniformly graded	14	17
Sands	Well graded	16	19
	Dense		
	Uniformly graded	18	20
	Well graded	19	21
Cohesive	Soft – organic	8	14
	Soft – non organic	12	16
	Stiff	16	18
	Hard	18	20

(Sumber: Look, 2007)

Perbandingan		NSPT =		3 Soft Clay
sumber	ysat	ydry		
Look	1,6	1,2		
dan				
yudhi	1,71	1,05		
bowles	1,4-1,8	-		
Braja das	-	-		kurang data
Perbandingan		NSPT =		12 Stiff
sumber	ysat	ydry		
Look	1,8	1,6		
dan				
yudhi	-	-		invalid
bowles	1,6-1,8	-		
Braja das	-	-		kurang data

Perbandingan		NSPT =	20 Very Stiff
sumber	ysat	ydry	
Look	1,8	1,6	
dan			
yudhi	-	-	invalid
bowles	1,6-2	-	
Braja das	-	-	kurang data

Cu



SUGGESTED CORRELATION FOR NORMALLY CONSOLIDATED CLAY LAYERS. (based on Equation 1, 2, and 3), revised in 2012

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan konus, $q_c$ (dari Soudir)	
	kPa	toni/m <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12,5	0 – 1,25	0 – 2,5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12,5 – 25	1,25 – 2,5	2,5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2,5 – 5	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5,0 – 10	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10 – 20	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20	> 40	> 150	> 15000

Tabel 2.5 Perkiraan Harga  $\phi$  Untuk Tanah Kohesif

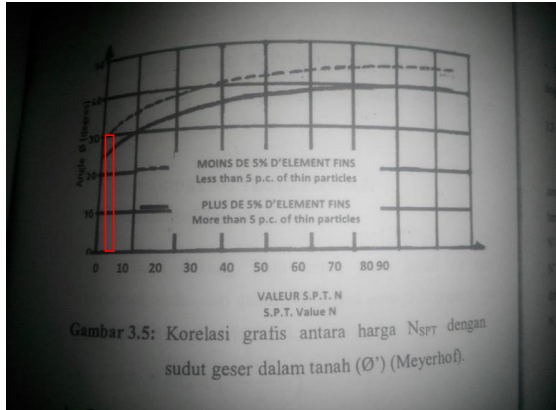
Type	Soil description	Effective cohesion (kPa)	Friction angle (degrees)
Cohesive	Soft – organic	5-10	10-20
	Soft – non organic	10-20	15-25
	Stiff	20-50	20-30
	Hard	50-100	25-30

(Sumber: Look, 2007)

Perbandingan		SPT	3 Soft
Sumber	Cu	C'	
Indrasurya	17,5	11,66667	
Look	22,5	15	
Perbandingan		SPT	12 Stiff
Sumber	Cu	C'	
Indrasurya	65	43,33333	
Look	50	33,33333	
Perbandingan		SPT	20 Very Stiff
Sumber	Cu	C'	
Indrasurya	100	66,66667	
Look	50	33,33333	

### sudut geser

undrained friction angle ( $\phi$ ) of normally consolidated saturated clays generally ranges from 5 to 20°.



Lampiran 1-b: Tabel korelasi macam tanah (bahan) dan sudut geser dalam ( $\phi$ )

Bahan	$\phi$
Kerikil kepasiran	35° - 40°
Isian batu (Rock fill)	35 - 40
Pasir padat	35 - 40
Pasir lepas	60
Lempung kelanauan	25 - 30
Lempung plastis rendah	25
Lempung plastis tinggi	20
Nilai $c'$ sebaiknya dianggap nol.	
Bahan	6
Beton	20°
Tembok	20°
Tiang besi	15°

(Sumber : Wesley, L.D., 1997)

Tabel 2.5 Perkiraan Harga  $\phi$  Untuk Tanah Kohesif

Type	Soil description	Effective cohesion (kPa)	Friction angle (degrees)
Cohesive	Soft – organic	5-10	10-20
	Soft – non organic	10-20	15-25
	Stiff	20-50	20-30
	Hard	50-100	25-30

(Sumber: Look, 2007)

Perbandingan		SPT	3 Soft
Sumber	phi		
braja das eng	20		
meyerhoff	23		
Wesley	25		
Look	20		
Perbandingan		SPT	12 Stiff
Sumber	phi		
braja das eng	-		
meyerhoff	-		
Wesley	25		
Look	25		
Perbandingan		SPT	20 Very Stiff
Sumber	phi		
braja das eng	-		
meyerhoff	-		
Wesley	25		
Look	30		

Modulus elastis dan poisson ratio

Table 5.8 Elastic Parameters of Various Soils

Type of soil	Modulus of elasticity, $E_s$		Poisson's ratio, $\mu_s$
	MM/m <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	
Loose sand	10.5–24.0	1500–3500	0.20–0.40
Medium dense sand	17.25–27.60	2500–4000	0.25–0.40
Dense sand	34.50–55.20	5000–8000	0.30–0.45
Silty sand	10.35–17.25	1500–2500	0.20–0.40
Sand and gravel	69.00–172.50	10,000–25,000	0.15–0.35
Soft clay	4.1–20.7	600–3000	
Medium clay	20.7–41.4	3000–6000	0.20–0.50
Stiff clay	41.4–96.6	6000–14,000	

Tabel 8.3. Harga-harga Modulus Young (E).

Jenis Tanah	Modulus Young (E)	
	Psi	kN
- Lempung lembek	250 - 500	380 - 3472
- Lempung keras	850 - 2000	3865 - 13200
- Pasir lepas	1500 - 1000	10350 - 27600
- Pasir padat	5000 - 10000	34500 - 69000

**Tabel 2.5 Modulus Young**

Soil	$E_s$ (MPa)
<i>Clay:</i>	
Very soft	2-13
Soft	2-23
Medium	13-50
Hard	50-100
Sandy	25-250
<i>Glacial till:</i>	
Loose	10-150
Dense	150-720
Very dense	500-1440
Loess	13-60
<i>Sand:</i>	
Silty	5-20
Loose	10-25
Dense	50-81
<i>Sand and gravel:</i>	
Loose	50-150
Dense	100-200
Shale	130-5000
Silt	2-20

(sumber : J.E. Bowles, 1995)

**Tabel 2.7 Poisson's Ratio**

Material	Poisson's ratio $\nu$
Lempung jenuh	0.4 – 0.5
Lempung tak jenuh	0.1 – 0.3
Lempung berpasir	0.2 – 0.3
Lanau	0.3 – 0.35
Pasir padat	0.1 – 1.00
Pasir berkerikil	0.3 – 0.4
Batuan (Rock)	0.1 – 0.4 (agak bergantung jenis batuan)
Tanah lus	0.1 – 0.3
Es	0.36
Beton	0.15 – 0.25

(Sumber: Bowles, 1988)

**Tabel 2.6 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah**

Jenis Tanah	$E_s$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
<i>Lempung</i>	
Sangat lunak	3 – 30
Lunak	20 – 40
Sedang	45 – 90
Keras	70 – 200
Berpasir	300 – 425
<i>Pasir</i>	
Berlanau	50 – 200
Tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
<i>Pasir dan Kerikil</i>	
Padat	800 – 2000
Tidak padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200
Loose	150 – 600
Cadus	1400 – 14000

(Sumber : Bowles, 1997)

Perbandingan SPT			3 soft
Sumber	E	$\nu$	
Bowles 97	4000		
Bowles 95	25000		
Bowles 88		0,4	
Mochtar	3472		
braja Das	20700	0,4	
Perbandingan SPT			12 stiff
Sumber	E	$\nu$	
Bowles 97	9000		
Bowles 95	35000		
Bowles 88		0,3	
Mochtar	3865		
braja Das	41400	0,3	
Perbandingan SPT			20 very stiff
Sumber	E	$\nu$	
Bowles 97	20000		
Bowles 95	100000		
Bowles 88		0,3	
Mochtar	13200		
braja Das	96600		

### 3. Perhitungan Panjang Dinding

#### Tegangan Horizontal

##### Tegangan Akibat Tanah

Aktif							
Titik	Elevasi (m)	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	Tebal Tanah (m)	$K_a$	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )
1	0	7,1	0	0,74	11,67	0	-20,105
2	-4,2	7,1	4,2	0,74	11,67	29,82	2,035
3	-12	7,1	7,8	0,74	11,67	85,2	43,151
4	-30	7,1	18	0,74	11,67	213	138,036
5	Do	8	Do	0,64	43,33	213+8Do	67,65+5,15Do
Pasif							
Titik	Elevasi (m)	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	Tebal Tanah (m)	$K_p$	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )
3	-12	7,1	0	1,35	11,67	0	27,080
4	-30	7,1	18	1,35	11,67	127,8	199,213
5	Do	8	Do	1,55	43,33	127,8+8Do	306,4+12,42Do

##### Tegangan Akibat Air

Aktif				
Titik	Elevasi (m)	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	Tebal Tanah (m)	$\sigma_h$ air (kN/m <sup>2</sup> )
2	-4,2	10	0	0
3	-12	10	7,8	78
4	-30	10	18	258
5	Do	10	Do	258+10Do
Pasif				
Titik	Elevasi (m)	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	Tebal Tanah (m)	$\sigma_h$ air (kN/m <sup>2</sup> )
3	-12	10	0	0
4	-30	10	18	180
4	Do	10	Do	180+10Do

##### Tegangan Akibat Beban q

Beban q (kN/m <sup>2</sup> )	$K_a$	$\sigma_h$ q (kN/m <sup>2</sup> )
10	0,742449557	7,42449557

##### Tegangan Horizontal Total

Aktif					
Titik	Elevasi (m)	$\sigma_h$ tanah (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ air (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ q (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ total (kN/m <sup>2</sup> )
1	0	-20,105	0	7,42	-12,681
2	-4,2	2,035	0	7,42	9,459
3	-12	43,151	78	7,42	128,576
4	-30	138,036	258	7,42	403,461
5	Do	67,65+5,15Do	258+10Do	7,42	333,07+15,15Do
Pasif					
Titik	Elevasi (m)	$\sigma_h$ tanah (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ air (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ q (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ total (kN/m <sup>2</sup> )
3	-12	27,080	0	0	27,080
4	-30	199,213	180	0	379,213
5	Do	306,4+12,42Do	180+10Do	0	486,4+22,42Do



Gaya Horizontal (Pa dan Pp)			
Nama Gaya	oh total (kN/m <sup>2</sup> )	Tebal Tanah (m)	Besar Gaya (kN)
P1	9,46	1,8	8,48
P2	9,46	7,8	73,78
P3	119,12	7,8	464,56
P4	128,58	18	2314,37
P5	274,89	18	2473,97
P6	333,07	Do	333,07Do
P7	15,15Do	Do	7,58Do <sup>2</sup>
P8	27,080	18	487,43
P9	352,13	18	3169,20
P10	486,4	Do	486,4Do
P11	22,42Do	Do	11,21Do <sup>2</sup>

#### Kesetimbangan gaya

Gaya	Jarak ke strut (m)	Momen (kNm)
P4	9	20829,30
P5	12	29687,59
P6	$18+1/2Do$	$5995,26Do+166,54Do^2$
P7	$18+2/3Do$	$136,44Do^2+5,053Do^3$
P8	9	4386,91
P9	12	38030,35
P10	$18+1/2Do$	$8775,2Do+243,2Do^2$
P11	$18+2/3Do$	$201,78Do^2+7,473Do^3$

#### Sigma M (P4+P5+P6+P7)-(P8+P9+P10+P11)

Sigma M	=	-3,45128E-06	kNm
Do	=	2,58	m
D	=	24,69	m
SF	=	1,2	
H	=	12	m
H+D	=	36,69	m

Dipakai 37 m

#### Kontrol Heaving

deltaH	7,8	m
y'	7,1	kn/m <sup>3</sup>
yw	10	kn/m <sup>3</sup>
SF	1,2	
Dc	13,18309859	m
H+D	25,18309859	m

## 4. Preliminary Design

Parameter Material				
Diaphragm Wall		fc'	50 Mpa	50000 kn/m2
E beton	33234,01872	Mpa	33234018,72	kn/m2
E baja	200000	MPa	200000000	kn/m2
E pakai	116617,0094	MPa	49910616,84	kn/m2
Tebal (b)	1,2	m	0,6 5%He	
Panjang (h)	37	m		
Luas Penampang (A)		1,2 m2		
Inersia Penampang (I)		0,144 m4		
EA	59892740,21			
EI	7187128,826			
w	28,8	kn/m		
v	0,2			
pondasi tiang				
a	1			
e	49910616,84			
ea	49910616,84			
b	1 w	24		
i	0,083333333 ei	4159218,07		
Pembebanan				
Beban Jalan raya (q)		10 kn/m2		
Jarak dari dinding		15 m		
Lebar Jalan		15 m		
pelat lantai basement		raft pondasi		
a	0,3	a	1,5	
e	49910617	e	49910617	
ea	14973185	ea	74865925	
bentang	5	bentang	5	
tebal	0,3	tebal	1,5	
i	0,00225	i	0,28125	
ei	112298,9	ei	14037361	
w	7,2	w	36	

**Parameter Material****Secant Pile**

Diameter Primary Pile (D1)	1,4 m		
Diameter Secondary Pile (D2)	1,2 m		
Spacing Secondary Pile (S)	1,8 m		
Panjang Turap	37 m <sup>2</sup>		
Luas Penampang	1,5386 m <sup>2</sup>	Tebal	1,5386 m
Inersia Penampang	0,303526028 m <sup>4</sup>		
E beton	33234,01872 MPa		33234018,72 kN/m <sup>2</sup>
E baja	200000 MPa		200000000 kN/m <sup>2</sup>
E bentonite	23500 MPa		23500000 kN/m <sup>2</sup>
E pakai	49910616,84 kN/m <sup>2</sup>		
EA	76792475,08		
EI	15149171,27		
w	36,9264 kN/m <sup>2</sup>		
Mutu Beton (fc')	50 MPa		50000 kN/m <sup>2</sup>
Mutu Beton (fc')	25 MPa		25000 kN/m <sup>2</sup>
Mutu Baja Tulangan fu	410 MPa		410000 kN/m <sup>2</sup>
fy	250 MPa		250000 kN/m <sup>2</sup>

**Parameter Material****Tangent Pile**

Diameter Primary Pile (D1)	1,4 m		
	m		
	m		
Panjang Turap	37 m <sup>2</sup>		
Luas Penampang	1,5386 m <sup>2</sup>	Tebal	1,5386 m
Inersia Penampang	0,30352603 m <sup>4</sup>		
E beton	33234,0187 MPa		33234019 kN/m <sup>2</sup>
E baja	200000 MPa		200000000 kN/m <sup>2</sup>
E pakai	49910616,8 kN/m <sup>2</sup>		
EA	76792475,1		
EI	15149171,3		
w	36,9264 kN/m <sup>2</sup>		
Mutu Beton (fc')	50 MPa		50000 kN/m <sup>2</sup>
			kN/m <sup>2</sup>
Mutu Baja Tulangan fu	410 MPa		410000 kN/m <sup>2</sup>
fy	250 MPa		250000 kN/m <sup>2</sup>

## 5. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Diaphragm Wall

dwall	lebar	1,2 m	
	keliling	240 m	
	luas	288 m <sup>2</sup>	
	panjang	37 m	
	volume	10656 m <sup>3</sup>	
harga		48	
beton k400 (fc' 40	1200000 rp/m <sup>3</sup>		222
baja	8500 rp/kg		31,71428571
besi	tulangan vertikal	17 D40	per m
	keliling	240 m	
	jumlah	4080 buah	1 sisi
	total	4080 buah	2 sisi
	panjang	37 m	
	diameter	0,04 m	
	volume	0,046472 m <sup>3</sup>	1 buah
	vol total	189,60576 m <sup>3</sup>	
	ybaja	7850 kg/m <sup>3</sup>	
	berat baja	1488405,2 kg	
	tulangan horizontal	4 D32	per m kedalaman
	keliling	240 m	
	panjang/n	1 m	
	P dinding	37 m	
	diameter	0,032 m	
	vol satuan	0,0008038 m <sup>3</sup>	
	jumlah /n	148 buah	
	vol/m	0,1189683 m <sup>3</sup>	
	vol total	28,552397 m <sup>3</sup>	
	ybaja	7850 kg/m <sup>3</sup>	
	berat baja	224136,31 kg	
total	berat	1712541,5 kg	
		218,15816 m <sup>3</sup>	

## 6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Secant Pile

harga		besi		
beton (fc' 50)	1200000	rp/m3		
baja	8500	rp/kg		
beton k250 (fc' 25)	810000	rp/m3		
	tiap 180cm	1 primary 1 secondary		
	keliling	240 m	24000	cm
	total tiang	133,3333333		
		133,3333333	primary pile	
		133,3333333	secondary pile	
beton	Primary			
	diameter	1,4	m	
	luas	1,5386	m <sup>2</sup>	
	panjang	37	m	
	volume	56,9282	m <sup>3</sup>	total 7590,427 m <sup>3</sup>
	secondary			
	diameter	1,2	m	
	luas	1,1304	m <sup>2</sup>	
	panjang	37	m	
	volume	41,8248	m <sup>3</sup>	total 5576,64 m <sup>3</sup>
				13167,07
baja	primary			subtotal 1881,01
	22D40	diameter	0,04	m
	22	panjang	37	m
	40	vol/btg	0,046472	m <sup>3</sup>
		vol / pile	1,022384	m <sup>3</sup>
		ybaja	7850	kg/m <sup>3</sup>
		berat baja	8025,7144	kg
		Total	1070095,253	kg
	senggang			
	4D32	diameter	0,032	m
	4	panjang	37	m
	32	vol/m	0,014134723	m <sup>3</sup>
		vol / pile	0,522984735	m <sup>3</sup>
		ybaja	7850	kg/m <sup>3</sup>
		berat baja	4105,430168	kg
		Total	547390,689	kg
		Total Baja	1617485,942	kg
		Sub Total	206,0491646	m <sup>3</sup>

## 7. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Tangent Pile

harga

beton k400 (fc' 40) 1200000 rp/m3

baja 8500 rp/kg

beton k250 (fc' 25) 810000 rp/m3

	keliling	240 m		
	total tiang	171,4285714 buah		
per tiang	diameter	1,4 m		
beton	luas	1,5386 m2		
	panjang	37 m		
	volume	56,9282 m3		
	vol total	9759,12 m3		
		1394,16		
baja				
22D40	diameter	0,04 m		
	22 panjang	37 m		
	vol/btg	0,046472 m3		
	vol 1 pile	1,022384 m3		
	vol total	175,2658286 m3		
	ybaja	7850 kg/m3		
	berat baja	1375836,754 kg		
senggang				
4D32	diameter	0,032 m	keliling	4,396 m
	4 panjang	37 m		
	32 vol/m	0,014134723 m3		
	vol / pile	0,522984735 m3	104,5969	
	ybaja	7850 kg/m3		
	berat baja	4105,430168 kg		
	Total	703788,0287 kg		
	Total Baja	2079624,783 kg		
		264,9203545		

## 8. Kontrol Uplift

Buoyancy

F 7,8 t/m2

ZF 390 t/m

He 12 m

MAT 4,2 m

yw 1 t/m3

lebar basement 50 m

**Gaya Tahanan Diaphragm Wall**

1 berat struktur/m

dwall	panjang	24 m			
	lebar	1 m			
	tebal	1,5 m			
	ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
	vol/m	36 m <sup>2</sup>			
	berat/m	86,4 t/m	jml 2 total	173 t/m	

tiang panc	panjang	49 m			
	diameter	1 m			
	luas	0,785 m <sup>2</sup>			
	ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
	vol/m	38,465 m <sup>2</sup>			
	berat/m	92,316 t/m	jml # total	923 t/m	

pelat lant:	lebar	50 m			
	tebal	0,2 m			
	luas	10 m <sup>2</sup>			
	ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
	berat/m	24 t/m	jml 4 total	96 t/m	

Raft pond:	lebar	50 m			
	tebal	1,5 m			
	luas	75 m <sup>2</sup>			
	ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
	berat/m	180 t/m	jml 1 total	180 t/m	
			Subto	1372 t/m	

2 Friksi (Qu)  $Q_u = (2LH + 2BH) \times C_u$ 

L	1 m
B	1,5 m
H	24 m
Cu	1,75 t/m <sup>2</sup>
Qu	210 t/m

**Total Gaya Tanah**

Qu + W	1581,96 t/m	Qall	527 t/m
--------	-------------	------	---------

**Kontrol Uplift**

ZF	390 t/m	<	Qall 527 t/m	OK
SF	3			

**Gaya Tahanan Secant Pile**

1 berat struktur/m

Secant Pile panjang	24 m			
lebar eq	0,9 m			
ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
vol/m	21,6 m <sup>2</sup>			
berat/m	51,84 t/m	jml	2 total	104 t/m

tiang panc panjang	49 m			
diameter	1 m			
luas	0,785 m <sup>2</sup>			
ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
vol/m	38,465 m <sup>2</sup>			
berat/m	92,316 t/m	jml	10 total	923 t/m

pelat lantai lebar	50 m			
tebal	0,2 m			
luas	10 m <sup>2</sup>			
ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
berat/m	24 t/m	jml	4 total	96 t/m

Raft pondi lebar	50 m			
tebal	1,5 m			
luas	75 m <sup>2</sup>			
ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
berat/m	180 t/m	jml	1 total	180 t/m
			Subtot	1303 t/m

2 Friksi (Qu)  $Q_u = (2LH + 2BH) \times C_u$ 

L	0,9 m
B	0,9 m
H	24 m
Cu	1,75 t/m <sup>2</sup>
Qu	151,2 t/m

**Total Gaya Tanahan**

Qu + W	1454,04 t/m	Qall	485 t/m
--------	-------------	------	---------

**Kontrol Uplift**

ZF	390 t/m	<	Qall	485 t/m	OK
SF	3				



### Gaya Tahanan Tangent Pile

#### 1 berat struktur/m

Secant Pili panjang	24 m
lebar eq	1 m

ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
vol/m	24 m <sup>2</sup>			
berat/m	57,6 t/m	jml	2 total	115,2 t/m

tiang panc panjang	49 m			
diameter	1 m			
luas	0,785 m <sup>2</sup>			
ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
vol/m	38,465 m <sup>2</sup>			
berat/m	92,316 t/m	jml	10 total	923,2 t/m

pelat lant lebar	50 m			
tebal	0,2 m			
luas	10 m <sup>2</sup>			
ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
berat/m	24 t/m	jml	4 total	96 t/m

Raft pond lebar	50 m			
tebal	1,5 m			
luas	75 m <sup>2</sup>			
ybeton	2,4 t/m <sup>3</sup>			
berat/m	180 t/m	jml	1 total	180 t/m
			Subtc	1314 t/m

#### 2 Friksi (Qu) $Q_u = (2LH + 2BH) \times C_u$

L	1 m
B	1 m
H	24 m
Cu	1,75 t/m <sup>2</sup>
Qu	168 t/m

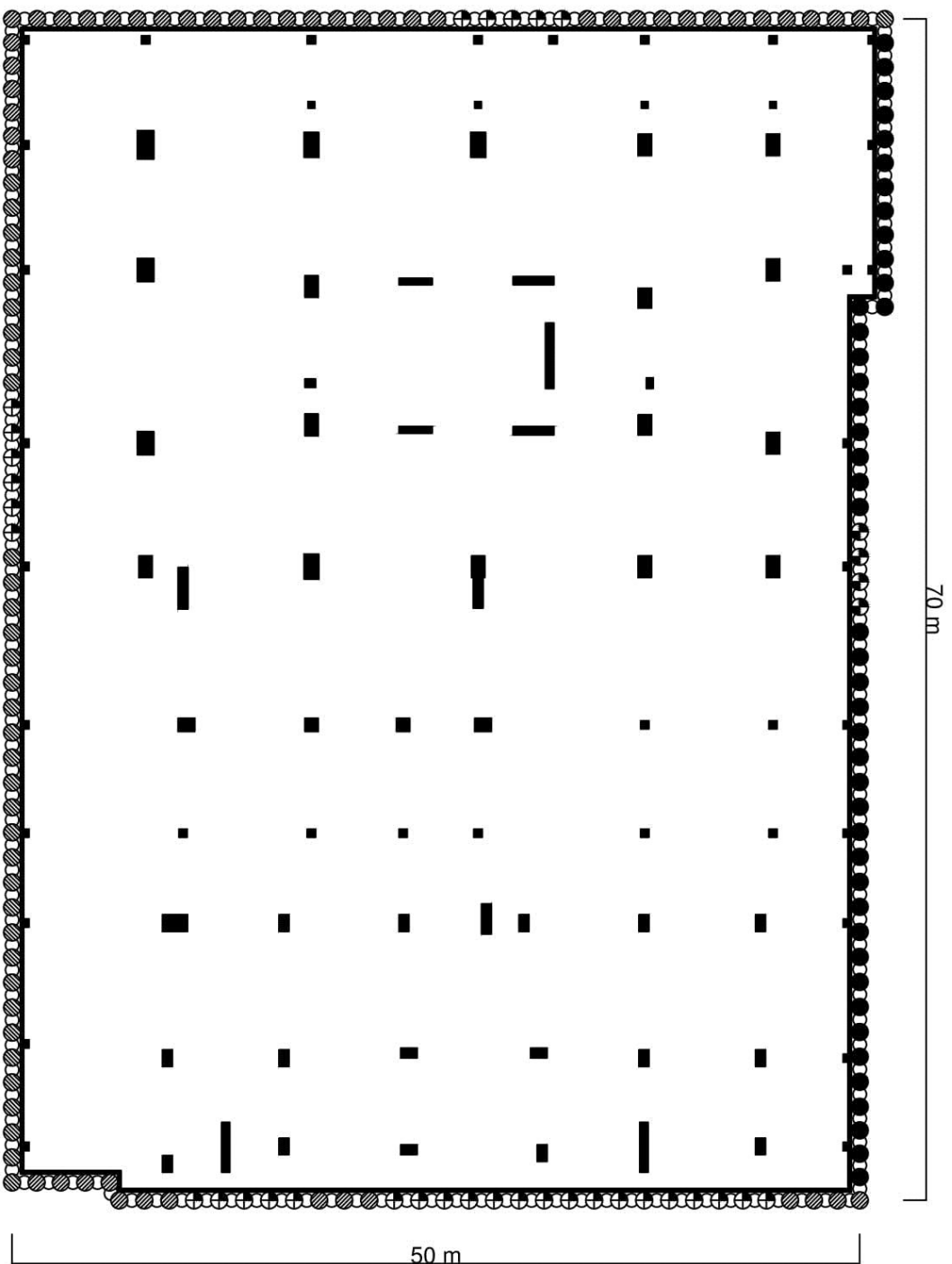
#### Total Gaya Tahanan

Qu + W	1482,36 t/m	Qall	494,1 t/m
--------	-------------	------	-----------

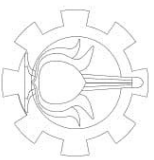
#### Kontrol Uplift

ZF	390 t/m	<	Qall	494 t/m	OK
SF	3				

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



DENAH DINDING PENAHAN TANAH  
SKALA 1 : 200



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

No. Gambar	Total Gambar	Skala	Nama Gambar
01	06	1 : 200	DENAH DINDING PENAHAN TANAH



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

No. Gambar

02

Total Gambar

06

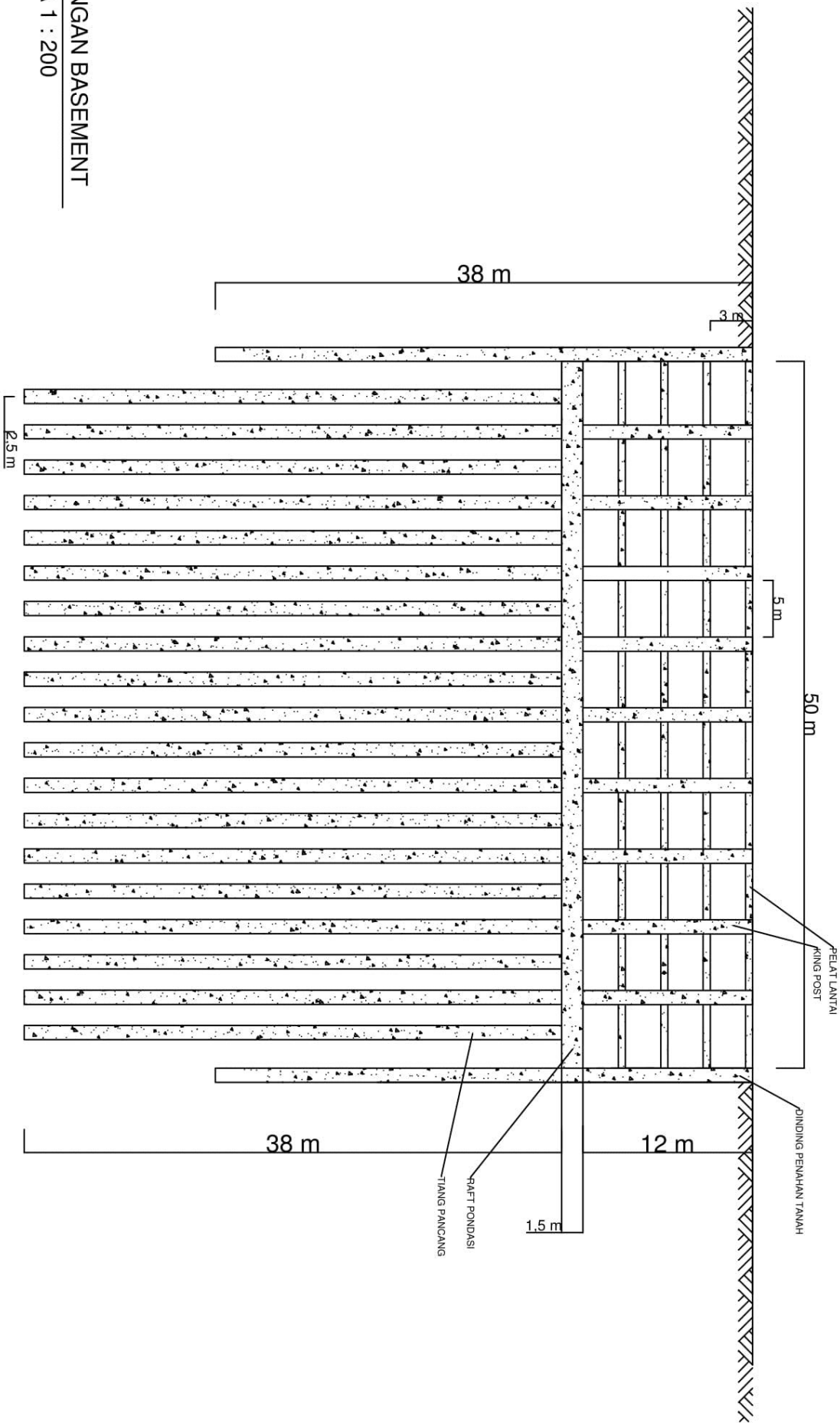
Skala

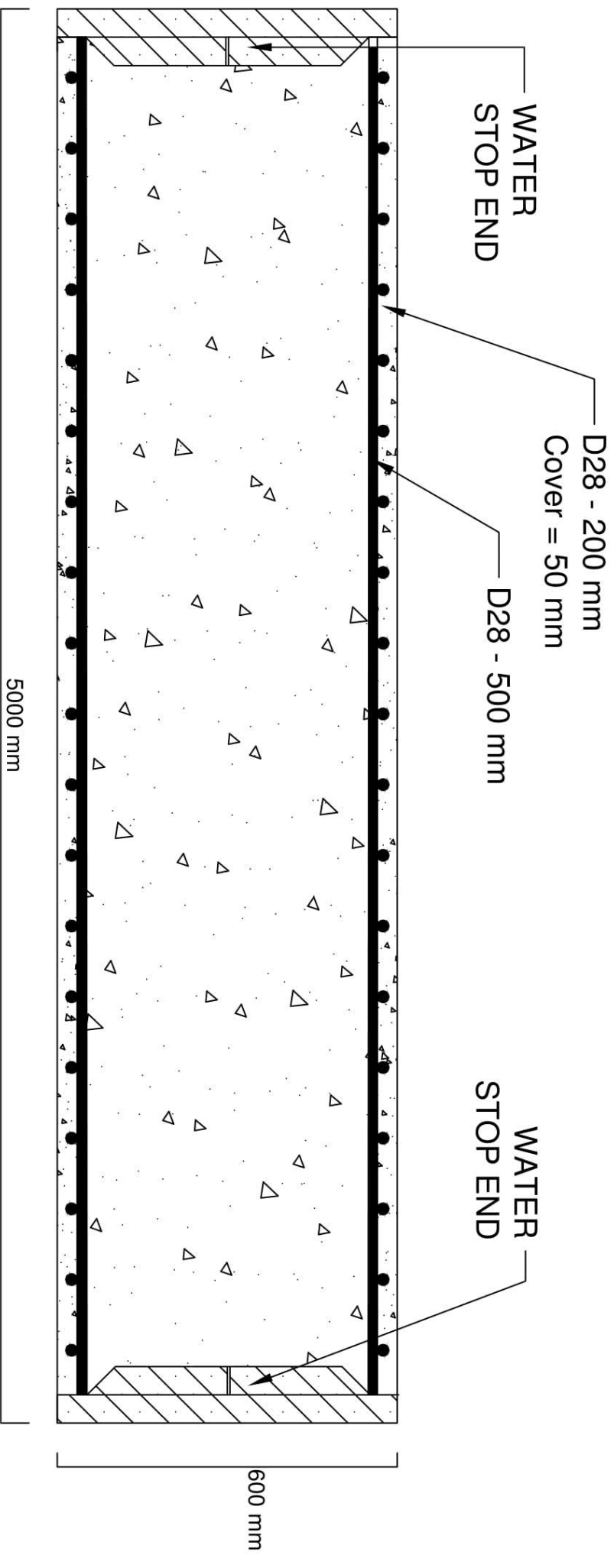
1:200

Nama Gambar

POTONGAN BASEMENT

POTONGAN BASEMENT  
SKALA 1 : 200

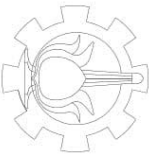


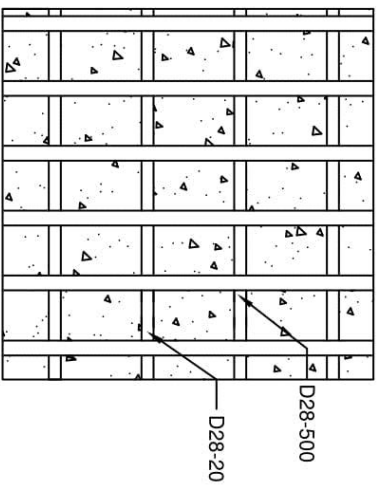


DETAIL PERENCANAAN DIAPHRAGM WALL

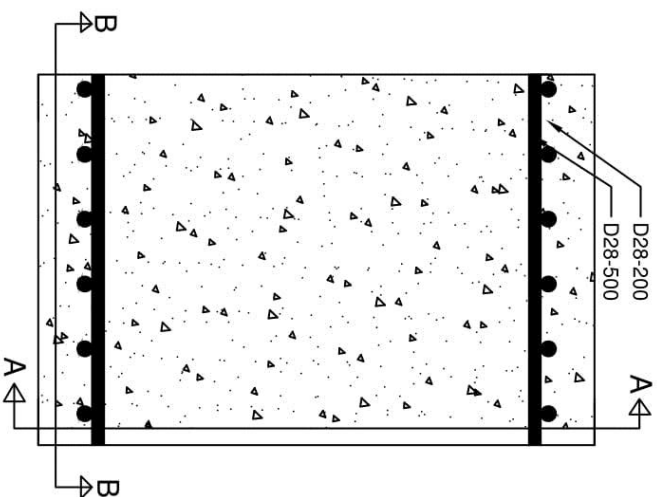
SKALA 1 : 20

\*1 SEGMENT DIAPHRAGM WALL

	Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2017		No. Gambar	Total Gambar	Skala	Nama Gambar
			03	06	1:20	DIAPHRAGM WALL

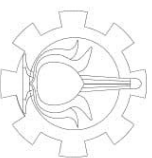


POTONGAN B-B  
SKALA 1 : 20



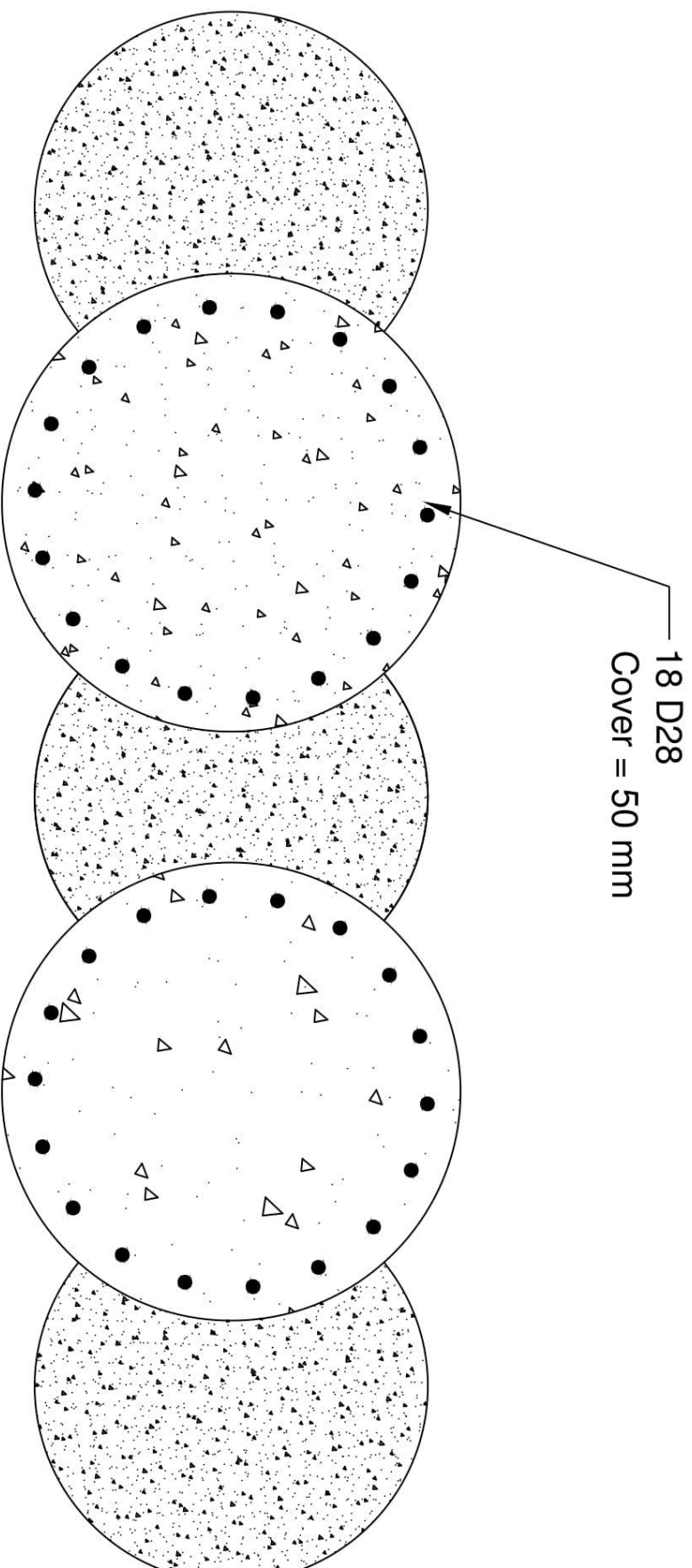
POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 20

DETAIL PENULANGAN DIAPHRAGM WALL  
SKALA 1 : 20



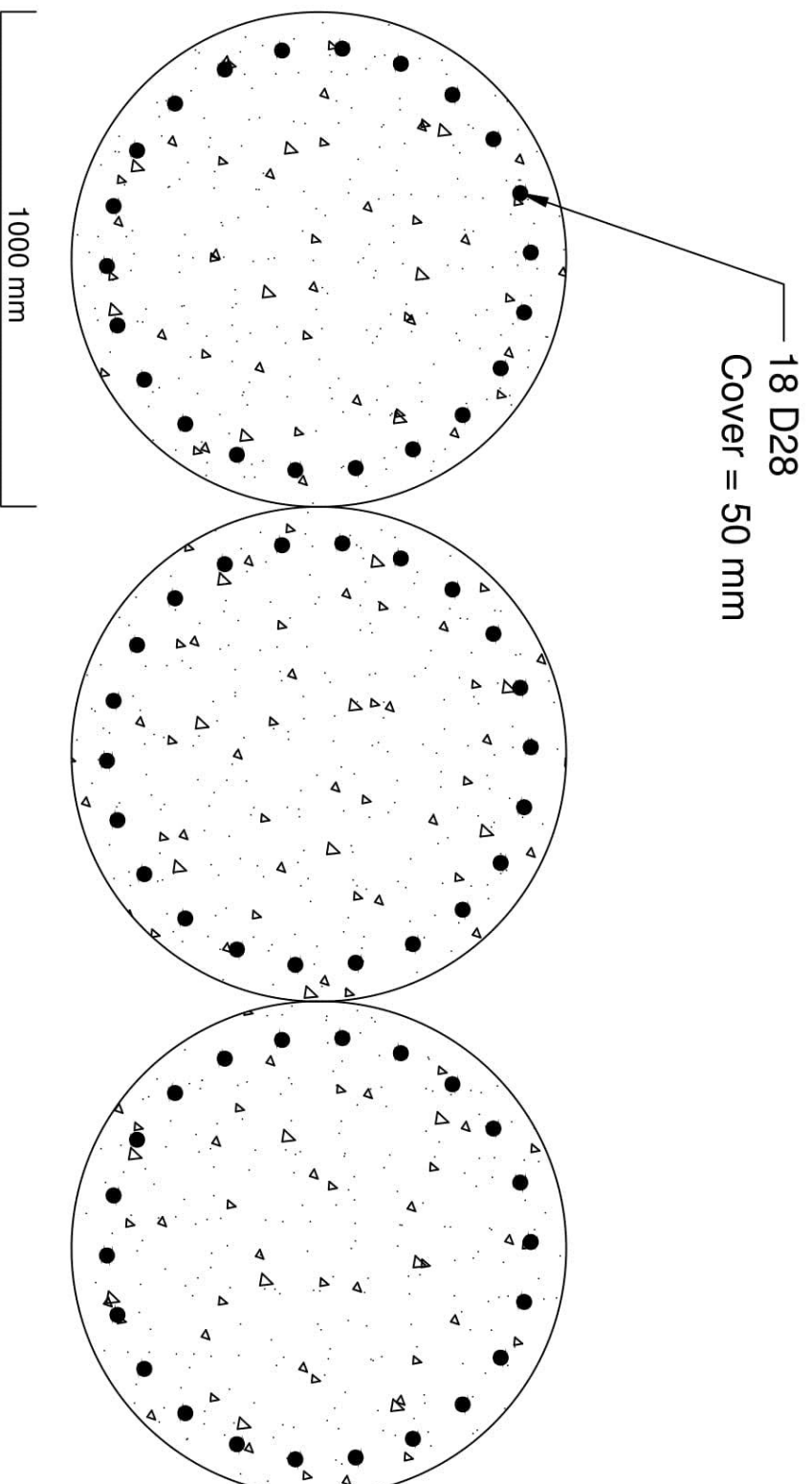
Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

No. Gambar	Total Gambar	Skala	Nama Gambar
04	06	1:20	DETAIL PENULANGAN D-WALL

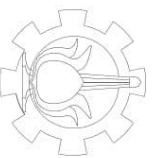


DETAIL PERENCANAAN SECANT PILE  
SKALA 1 : 20

		Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2017	
No. Gambar	Total Gambar	Skala	Nama Gambar
05	06	1:20	SECANT PILE



DETAIL PERENCANAAN TANGENT PILE  
SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

No. Gambar	Total Gambar	Skala	Nama Gambar
06	06	1:20	TANGENT PILE





Form AK/TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



<b>NAMA PEMBIMBING</b>	: Mustain Arif, S.T, M.T.
<b>NAMA MAHASISWA</b>	: Dzaky Alpin Kurniawan
<b>NRP</b>	: 3113100079
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	: Perencanaan Dinding Penahan Tanah pada Basement Midtown Point and Ubis Styles Hotel Jakarta
<b>TANGGAL PROPOSAL</b>	: 24 Maret 2017
<b>NO. SP-MMTA</b>	: 034546

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	26-04-17	Asistensi koreksi data tanah (SPT)	dibuat tabel kesimpulan hasil data tanah	Mute
2	02/05-17	Tabel Kesimpulan data tanah per lapisan	Perhitungan kedalaman turap (Do)	Mute
3	09/05-17	Perhitungan kedalaman Turap (Do)	Pemodelan Plaxis pakai metode top down	Mute
4	14/05-17	Revisi koreksi data tanah pakai Tabel dari buku ajar	Defleksi turap belum memenuhi syarat, cek ulang	Mute
5	24/05-17	Perhitungan penulangan	Metode pelaksanaan	Mute
6	31/05-17	metode pelaksanaan	RAB (Hanya biaya material)	Mute
7	08/06-17	Perhitungan RAB	Penulisan Laporan	Mute
8	15/06-17	Penulisan Laporan mengikuti AFTA (lampiran)		Mute



Form AK/TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: PUTU TANTRI KUMALA SARI, S.T, M.T.
NAMA MAHASISWA	: DZAKY ALPIN KURNIAWAN
NRP	: 3113100079
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA BASEMENT MIDTOWN POINT AND IBIS STYLES HOTEL JAKARTA
TANGGAL PROPOSAL	: 24 MARET 2017
NO. SP-MMTA	: 034 546

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	24/05-17	Perhitungan kedalaman Dinding Defleksi Plaxis terlalu besar	Perhitungan Penulangan	
2	30/05-17	Perhitungan Penulangan Metode Pelaksanaan	Rencana Anggaran Biaya	
3	09/06-17	Rencana Anggaran Biaya kontrol Uplift	Perbandingan Antar DPT	
4	12-06-17	Perbandingan Antar DPT Kesimpulan dan Saran	Penulisan Laporan	
5	16/06-17	Revisi Penulisan laporan mengikuti AFTA dan diperjelas (rinci & detail)		



## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Dili, pada tanggal 13 September 1995 dengan nama lengkap Dzaky Alpin Kurniawan. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis yaitu TK As-Syifa di Ciloto, Cianjur; SDN Ciloto, Cianjur; SMPN 2 Cianjur; dan SMAN 1 Cianjur. Setelah lulus dari SMAN 1 Cianjur, Penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya pada tahun 2013 melalui jalur SBMPTN dan terdaftar dengan NRP

3113100079. Selama kuliah di Jurusan Teknik Sipil ITS, Penulis sangat tertarik pada bidang studi Geoteknik terutama pada topik konstruksi bawah tanah. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini penulis mengambil topik bahasan mengenai perencanaan Dinding Penahan Tanah. Pada masa perkuliahan penulis aktif dalam berorganisasi di bidang kemahasiswaan. Penulis menjadi pengurus CECC HMS FTSP ITS sebagai staff biro litbang pada tahun kedua, dan menjadi ketua CECC HMS FTSP ITS pada tahun ketiga. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi Penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan Penulis, dapat melalui *email*: dzakyalpin13@gmail.com.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*